

RAPPORT D'ENQUÊTE FERROVIAIRE

R00H0004

DÉRAILLEMENT EN VOIE PRINCIPALE

DU TRAIN NUMÉRO 556-17

DE L'OTTAWA VALLEY RAILWAY/RAILAMERICA, INC.

AU POINT MILLIAIRE 1,88 DE LA SUBDIVISION NORTH BAY

PRÈS DE CHALK RIVER (ONTARIO)

LE 20 JUIN 2000



Le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) a enquêté sur cet accident dans le seul but de promouvoir la sécurité des transports. Le Bureau n'est pas habilité à attribuer ni à déterminer les responsabilités civiles ou pénales.

Rapport d'enquête ferroviaire

Déraillement en voie principale

du train numéro 556-17
de l'Ottawa Valley Railway/RailAmerica, Inc.
au point milliaire 1,88 de la subdivision North Bay
près de Chalk River (Ontario)
le 20 juin 2000

Rapport numéro R00H0004

Résumé

Vers 3 h 55, heure avancée de l'Est, le 20 juin 2000, 2 voitures voyageurs et 11 wagons de marchandises, du train n° 556-17 de l'Ottawa Valley Railway qui roulait en direction est sur la subdivision North Bay, ont déraillé au point milliaire 1,88 près de Chalk River (Ontario). Personne n'a été blessé dans l'accident et il n'y a pas eu de déversement de produits dangereux.

This report is also available in English.

1.0	Renseignements de base	1
1.1	L'accident	1
1.2	Domages.....	1
1.3	Renseignements sur le personnel.....	1
1.4	Méthode de contrôle de la circulation ferroviaire.....	2
1.5	Renseignements sur le train	2
1.6	Conduite du train en direction est à partir de Winnipeg	2
1.7	Entente de trafic	4
1.8	Renseignements consignés	4
1.9	Renseignements sur les lieux de l'accident	5
1.10	Instructions générales d'exploitation.....	6
1.11	Maîtrise des trains ayant tendance aux serrages d'urgence intempestifs.....	7
1.12	Particularités de la voie	8
1.12.1	Règlement sur la sécurité de la voie de Transports Canada.....	9
1.13	Intervention d'urgence	9
1.14	Information à l'intention des équipes de train.....	10
1.15	Canalisations souterraines traversant sous les voies ferrées	11
1.16	Matériel roulant	12
1.16.1	Essais de wagons individuels.....	12
1.16.2	Exigences réglementaires	13
1.16.3	Formation des trains.....	14
1.16.4	Éléments des voitures voyageurs.....	16
1.16.5	Éléments des wagons de marchandises	16
1.16.6	Freins à air à serrage gradué et freins à air d'urgence.....	19
1.17	Recherches sur les serrages d'urgence intempestifs	20
1.18	Analyse de la dynamique des trains	21
2.0	Analyse	23
2.1	Introduction.....	23
2.2	Exploitation des trains connus pour leur tendance aux serrages d'urgence intempestifs ..	23
2.3	État de la voie.....	24
2.4	Exigences réglementaires relatives aux données des consignateurs d'événements des locomotives	25

2.5	Exploitation des locomotives.....	25
2.6	Intervention d'urgence	26
2.7	Matériel roulant	27
3.0	Conclusions.....	31
3.1	Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs	31
3.2	Faits établis quant aux risques.....	32
3.3	Autres faits établis	32
4.0	Mesures de sécurité.....	33
4.1	Mesures prises.....	33
4.1.1	État général de la voie	33
4.1.2	Changement de catégorie des voies.....	33
4.1.3	Information inexacte sur la composition du train.....	34
4.1.4	Capacité de freinage gradué	34
4.1.5	Information relative aux canalisations traversant sous les voies ferrées	35
4.1.6	Protecteurs d'évent brisés ou manquants	36
4.1.7	Mauvais fonctionnement des distributeurs de freinage	36
4.1.8	Mesures de sécurité d'ordre administratif.....	36
4.2	Mesures à prendre.....	37
4.2.1	Élimination des serrages d'urgence intempestifs	37
4.3	Préoccupations liées à la sécurité.....	37
4.3.1	Sensibilisation aux dangers.....	37
4.3.2	Essais des freins à air.....	38
5.0	Annexes	
	Annexe A - Instructions générales d'exploitation du Chemin de fer Canadien Pacifique, section 5.....	39
	Annexe B - Détermination du premier wagon touché par le serrage d'urgence	41
	Annexe C - Liste des rapports de laboratoire.....	47
	Annexe D - Sigles et abréviations.....	49

1.0 Renseignements de base

1.1 L'accident

Le 19 juin 2000 à 17 h 45, heure avancée de l'Est (HAE)¹, l'Ottawa Valley Railway reçoit le train n° 556-17 (le train) du Chemin de fer Canadien Pacifique (CFCP)², à Cartier (Ontario). Le train doit rouler en direction est dans la subdivision Cartier du CFCP jusqu'à Coniston (Ontario), où le réseau de l'Ottawa Valley Railway débute, et il doit emprunter les subdivisions North Bay et Chalk River de l'Ottawa Valley Railway jusqu'à Smiths Falls (Ontario) où le train doit retourner au réseau du CFCP.

Le 20 juin 2000 à 3 h 54, près du point milliaire 1,7 de la subdivision North Bay, un serrage d'urgence intempestif provenant de la conduite générale se déclenche. Après avoir pris les mesures d'urgence nécessaires, l'équipe de train constate que 13 wagons (du 8^e au 20^e derrière le groupe de traction) ont déraillé, soit 2 voitures voyageurs innocupées et 11 wagons de marchandises. Les deux voitures voyageurs sont restées debout et sont restées attelées à la partie avant du train. Elles se sont immobilisées à environ 68 m à l'est des 11 autres wagons déraillés. Certains des autres wagons déraillés sont restés debout, d'autres se sont couchés, et d'autres se sont mis en portefeuille sur l'emprise. Le déraillement n'a pas causé de déversement de marchandises dangereuses. Deux des wagons, chargés de bois d'oeuvre, se sont couchés au-dessus d'une traverse de gazoducs souterrains de la TransCanada PipeLines Limited. Les membres de l'équipe de train n'avaient remarqué aucune anomalie concernant l'état de la voie pendant que le train approchait des lieux du déraillement.

1.2 Dommages

Les 11 wagons de marchandises ont subi des dommages considérables et les deux voitures voyageurs ont été légèrement endommagées. La voie ferrée a été détruite sur une distance de quelque 600 pieds. Les gazoducs n'ont pas été endommagés.

1.3 Renseignements sur le personnel

Les membres de l'équipe de train (un mécanicien et un chef de train) se trouvaient dans la locomotive de tête. Ils étaient qualifiés pour occuper leurs postes respectifs et ils répondaient aux exigences de la réglementation relative aux heures de repos obligatoires et au nombre maximal d'heures de service.

1.4 Méthode de contrôle de la circulation ferroviaire

¹ Les heures sont exprimées en HAE (temps universel coordonné [UTC] moins quatre heures), sauf indication contraire.

² Voir l'annexe D pour la signification des sigles et abréviations.

Dans la subdivision North Bay, le contrôle de la circulation ferroviaire est assuré grâce au système de régulation de l'occupation de la voie en vertu du *Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada*. Le contrôle est également assuré par un contrôleur de la circulation ferroviaire (CCF) posté à North Bay (Ontario). Dans la subdivision North Bay, on recourt au système de block automatique en plus du système de régulation de l'occupation de la voie. L'Ottawa Valley Railway applique les Instructions générales d'exploitation du CFCP quand elle exploite des trains du CFCP.

1.5 Renseignements sur le train

Le train de marchandises générales comptait 69 wagons chargés et 12 wagons vides. Il mesurait quelque 5 500 pieds de long et pesait environ 9 120 tonnes. Son groupe de traction comptait 4 locomotives d'une puissance de 3 000 HP. Le train comptait 2 wagons-citernes chargés de marchandises dangereuses spéciales et 8 wagons chargés de marchandises dangereuses.

1.6 Conduite du train en direction est à partir de Winnipeg

Le train était parti de Winnipeg (Manitoba) et roulait à destination de Montréal (Québec). L'indicateur de service des trains de la compagnie³ exige qu'une inspection autorisée des wagons, y compris une vérification du circuit de freinage à air du train, soit faite à Winnipeg. L'équipe est avisée de cette vérification à faire au moyen d'un imprimé appelé annexe « A ». L'indicateur ne prévoit pas d'autre inspection autorisée pour ce train.

Le train a roulé vers l'est en empruntant les subdivisions Keewatin, Ignace et Kaministiquia du CFCP jusqu'à Thunder Bay (Ontario), le terminal majeur suivant où l'on trouve du personnel affecté aux inspections autorisées et aux réparations. D'après la documentation du centre de contrôle du trafic ferroviaire du CFCP, à Calgary (Alberta), le premier serrage d'urgence intempestif, aussi appelé « à-coup »⁴, qui a affecté le train s'est produit dans la subdivision Ignace, environ 900 milles avant que le déraillement se produise. Cette information a été consignée dans l'imprimé Transfert d'information entre deux équipes.

³ L'indicateur de service des trains précise les endroits où des inspecteurs autorisés de wagons doivent inspecter le matériel roulant et faire des essais de freins à air, et les endroits où les trains directs sont inspectés seulement par les équipes de conduite.

⁴ Le mot « à-coup » est le terme familier que le personnel d'exploitation emploie couramment pour désigner un serrage d'urgence intempestif.

À Thunder Bay, on a ajouté des wagons au train et on en a retiré un certain nombre. L'équipe de conduite et le groupe de traction ont été remplacés. À Thunder Bay, on a indiqué dans le rapport quotidien de l'atelier de mécanique sur les locomotives diesel et le matériel roulant, intitulé *Mechanical Facility, Diesel and Car Daily Report*, que le train était un « train direct » et qu'il n'avait pas été inspecté par le service du matériel roulant. Le personnel de Thunder Bay n'a pas déterminé la cause du serrage d'urgence intempestif précédent.

Le train a continué sa route en direction est en empruntant les subdivisions Nipigon, Heron Bay et White River du CFCP, jusqu'à Chapleau (Ontario), qui est un autre terminal où se trouvait du personnel chargé des inspections autorisées et des réparations. À ce terminal, on n'a rien fait non plus à propos du serrage d'urgence intempestif.

Le train est reparti de Chapleau et a continué vers l'est en empruntant la subdivision Nemegos du CFCP jusqu'à ce qu'il arrive à Cartier, où une équipe de l'Ottawa Valley Railway l'a pris en charge.

À l'arrivée du train à Cartier, les membres de l'équipe cédante du CFCP ont fait savoir à l'équipe de l'Ottawa Valley Railway que le train avait été affecté par des serrages d'urgence intempestifs au moment de l'arrivée à Cartier et quand ils se sont arrêtés à la gare de Cartier, environ un mille plus loin. L'équipe de l'Ottawa Valley Railway a subi un serrage d'urgence intempestif au moment de l'arrêt à North Bay pour le changement d'équipe. Aux terminaux de changement d'équipe, il faut procéder à un essai de frein n° 2 conformément à l'article 8.0 de la section 13 des Instructions générales d'exploitation, qui était en vigueur au moment de l'accident et dont voici un extrait : « Nota : Là où le mécanicien est remplacé et que la composition du train reste inchangée, il est acceptable que le mécanicien cédant serre les freins du train et que le mécanicien prenant les dessertes. » La pratique courante voulait qu'on accepte un serrage d'urgence intempestif des freins du train et qu'on desserre les freins par la suite pour se conformer à cette instruction d'exploitation. Les membres de l'équipe prenante à North Bay ont été avisés, verbalement et par écrit dans l'imprimé Transfert d'information entre deux équipes, que les équipes avaient signalé un serrage d'urgence intempestif à chaque serrage gradué des freins du train. Pendant que le train roulait en direction est à partir de North Bay, le mécanicien a évité d'actionner les freins automatiques et a réglé la vitesse du train en modulant la position de la commande des gaz⁵ et en utilisant le frein rhéostatique de la locomotive⁶.

Un serrage d'urgence intempestif s'est produit pendant que le train descendait une pente de 0,49 % à une vitesse d'environ 19 mi/h, alors qu'on utilisait le frein rhéostatique pour contrôler la vitesse. Les membres de l'équipe se rappellent avoir senti une secousse vers l'arrière suivie immédiatement d'une poussée après le serrage d'urgence intempestif. Des simulations sur ordinateur, utilisant les données du consignateur d'événements de la

⁵ Pour régler la vitesse du train, le mécanicien augmente ou réduit la puissance des moteurs de la locomotive en profitant des effets de la topographie de la subdivision sur le mouvement du train.

⁶ Le frein rhéostatique est un système électrique de freinage de la locomotive qui utilise les moteurs de traction pour freiner les essieux moteurs de la locomotive. De l'énergie est produite sous forme d'électricité et est dissipée sous forme de chaleur par l'entremise des résistances du système de freinage rhéostatique. Ce frein peut fonctionner isolément ou peut être combiné au circuit de freinage à air du train.

locomotive et les données sur le profil de la voie dans la subdivision, ont démontré que les serrages d'urgence intempestifs entraînaient des forces de compression considérables d'un bout à l'autre du train.

1.7 *Entente de trafic*

L'Ottawa Valley Railway exploite son réseau en vertu d'une entente de location à bail de 20 ans avec le CFCP. Le CFCP paie un montant prévu par contrat à l'Ottawa Valley Railway pour la conduite des trains du CFCP entre Cartier et Smiths Falls. L'Ottawa Valley Railway était chargé d'assurer l'entretien de la voie. L'indicateur de service concernant les trains du CFCP qui empruntent le réseau de l'Ottawa Valley Railway est similaire à celui qui était en place avant la création de l'Ottawa Valley Railway, et il ne précise pas de lieux désignés pour les vérifications de sécurité.

1.8 *Renseignements consignés*

Le *Règlement relatif à l'inspection et à la sécurité des locomotives de chemin de fer*, approuvé par Transports Canada, stipule ce qui suit :

12. CONSIGNATEURS D'ÉVÉNEMENTS

12.1 Les locomotives autres que celles qui sont utilisées en service désigné ou en service de triage doivent être équipées d'un consignateur d'événements répondant aux caractéristiques de conception suivantes :

- a) le consignateur d'événements doit enregistrer les données suivantes : heure, vitesse, pression dans la conduite générale de frein, position du manipulateur, freinage d'urgence, pression aux cylindres du frein indépendant, signal émis par l'avertisseur, et fonctionnement du système de veille automatique;
- b) en cas de collision ou de déraillement, le consignateur d'événements doit conserver dans sa mémoire une durée d'enregistrement correspondant au moins aux cinq minutes précédant l'incident;
- c) le consignateur d'événements doit comporter un moyen de transfert adéquat pour décharger son contenu de données dans un ordinateur externe aux fins de traitement et d'analyse.

L'Ottawa Valley Railway a extrait les données du consignateur d'événements de la locomotive de tête (CP6053) le matin de l'accident. Le consignateur d'événements fonctionnait avec une version ancienne du logiciel d'enregistrement, conçu pour répondre aux exigences de base mentionnées précédemment. On a téléchargé les paramètres de base et une lecture de la distance parcourue pour permettre de calculer les positions. Le CFCP a obtenu des renseignements plus détaillés du consignateur d'événements au cours de la soirée suivant l'accident grâce à une version plus moderne du logiciel. En plus de l'information recueillie par le logiciel plus ancien, le logiciel moderne a extrait et affiché des données portant notamment sur le courant de

freinage rhéostatique, la position de la commande de freinage rhéostatique, la pression de freinage en queue du train, l'accélération et l'alarme de basse pression provenant du fourgon de queue électronique. Cette information a été transmise au BST et a servi à l'analyse des événements qui ont précédé le déraillement (rapport technique LP 112/00 du BST).

L'information provenant du consignateur d'événements de la locomotive de tête a révélé qu'à 0344:56.1, la vitesse du train était de 25 mi/h. La commande des gaz a été placée à la position de ralenti à 0345:02.1 et, à 0345:05.3, soit environ trois secondes plus tard, on a actionné le système de freinage rhéostatique des locomotives. À 0345:08.3, la commande de freinage rhéostatique a été placée à la position 6. À 0345:24.5, la puissance de freinage rhéostatique était à fond. Les réductions de la pression de la conduite générale qui ont été enregistrées dans la locomotive et par l'unité de détection et de freinage placée à l'arrière du train, indiquent qu'un freinage d'urgence provenant de la conduite générale s'est produit à ce moment. D'après le consignateur, la réduction de la pression de la conduite générale a été détectée d'abord à l'avant du train à 0345:50.3, puis à l'arrière à 0345:55.2, soit un écart de 4,9 secondes. Entre 0345:52.2 et 0345:55.2 (3 secondes), le train a ralenti de 3 mi/h environ, après quoi il a décéléré rapidement de 14 mi/h à 0 mi/h à 0346:19.

1.9 Renseignements sur les lieux de l'accident

Les lieux du déraillement (voir la figure 1) couvraient un secteur d'environ 850 pieds de longueur. Les deux voitures voyageurs, en l'occurrence les 8^e et 9^e derrière les locomotives, ont déraillé mais elles sont restées debout. Les 10^e, 11^e et 12^e wagons, des wagons plats chargés de paquets de bois d'oeuvre, sont restés attelés ensemble et se sont couchés au sud de la voie ferrée. Les 14^e, 15^e et 16^e wagons, des wagons plats à support central en A chargés de bois d'oeuvre, et le 17^e wagon, un wagon-trémie vide, sont restés debout et se sont mis en portefeuille sur l'emprise de la voie. Les 18^e, 19^e et 20^e wagons, également des wagons plats chargés de bois d'oeuvre, se sont couchés du côté nord de la voie. Le 13^e wagon, un wagon-tombereau chargé de traverses de chemin de fer usées, est resté debout, mais son bout avant a été arraché. Deux gazoducs de la TransCanada PipeLines Limited se croisent à environ 2 m sous la voie ferrée, à l'endroit où les 19^e et 20^e wagons se sont couchés. Les angles supérieurs des wagons avaient pénétré le sol jusqu'à une profondeur d'environ 75 cm.

Au point milliaire 1,78, les rails, les traverses et la plate-forme ont été déplacés considérablement dans le sens longitudinal et latéral. Des marques de boudin de roue sur l'âme du rail indiquent que le rail s'est renversé, ce qui a modifié l'écartement de la voie.

1.10 *Instructions générales d'exploitation*

L'article 15.0 de la section 5 des Instructions générales d'exploitation du CFCP précise les exigences relatives à l'inspection des trains après un serrage d'urgence intempestif (voir l'annexe A). On n'y trouve pas d'instructions sur l'exploitation des trains qui ont tendance aux serrages d'urgence intempestifs, ni sur la façon d'éliminer les conditions qui déclenchent un serrage d'urgence intempestif.



L'article 6.0 de la section 16 des Instructions générales d'exploitation du CFCP renferme des informations sur le freinage d'urgence et le freinage compensateur. On y dit notamment :

- 6.1 . . . On ne doit utiliser ces robinets (robinets de secours) qu'en situation d'urgence. . . .
- 6.2 N'effectuer un FREINAGE D'URGENCE qu'en cas de nécessité. . . .
- 6.4 En cas de FREINAGE COMPENSATEUR ou d'URGENCE en marche, le mécanicien doit, jusqu'à l'arrêt du mouvement, moduler la pression dans les cylindres de frein de la locomotive afin de s'arrêter sur la plus courte distance possible permise par la situation. Prudence et discernement s'imposent pour éviter le glissement des roues et les forces en-train excessives.

L'article 7.0 de la section 16 des Instructions générales d'exploitation du CFCP énoncent des informations concernant le freinage rhéostatique. On y décrit la façon de procéder pour passer de la traction au freinage rhéostatique :

- 7.2 Pour passer de la traction au freinage rhéostatique pendant que le train est en marche, laisser le manipulateur à la position de RALENTI durant 10 secondes.
- 7.3 En amenant le levier dans la zone de freinage rhéostatique, le mécanicien s'arrêtera à la position de freinage minimal suffisamment longtemps pour régler le jeu des attelages, puis déplacera le levier lentement dans la zone de freinage pour obtenir l'effort retardateur voulu.

1.11 Maîtrise des trains ayant tendance aux serrages d'urgence intempestifs

Pendant le freinage rhéostatique, l'effort retardateur n'est appliqué que par les locomotives, et des forces de compression, proportionnelles à la vitesse acquise du reste du train, s'opposent de plus en plus à cet effort retardateur à mesure que le jeu des attelages diminue.

Le CFCP considère que le système de freinage rhéostatique des locomotives est le dispositif retardateur de choix pour arrêter ou faire ralentir un train, dans tous les types de pentes, étant donné que ce freinage est très économe en carburant. Toutefois, on considère que les freins à air constituent le dispositif de freinage principal pour tous les trains, quelle que soit la pente. Dans des conditions d'exploitation normales, c'est-à-dire quand il s'agit d'un train qui n'a pas tendance aux serrages d'urgence intempestifs, on peut serrer les freins à air pour compléter l'effort retardateur du frein rhéostatique. On procède habituellement de cette façon quand l'effort de freinage rhéostatique n'est pas suffisant pour moduler la vitesse du train ou quand l'effort de freinage rhéostatique diminue lorsque la vitesse est inférieure ou supérieure à la vitesse à laquelle l'efficacité du freinage rhéostatique est optimale.

Le circuit de freinage à air est conçu pour faire ralentir ou pour arrêter un train en serrant les freins à air des locomotives et des wagons de l'ensemble du train. Habituellement, l'utilisation convenable des freins à air assure une distribution plus égale de l'effort retardateur sur toute la longueur du train.

Quand un mécanicien doit moduler la vitesse d'un train ayant tendance aux serrages d'urgence intempestifs, la pratique courante veut qu'il évite de serrer les freins à air, à moins que ce soit absolument nécessaire. Les mécaniciens ont recours à une combinaison de mesures : modulation des gaz, utilisation du frein rhéostatique et du frein direct de la locomotive.

1.12 Particularités de la voie

La subdivision North Bay de l'Ottawa Valley Railway va de North Bay, point milliaire 117,3, à Chalk River, point milliaire 0,0. Entre le point milliaire 19,0 et le point milliaire 0,0, la voie était classée comme une voie simple de catégorie 3, sur laquelle la vitesse maximale autorisée était de 40 mi/h. Dans les instructions particulières de l'indicateur de l'Ottawa Valley Railway concernant la subdivision, on indique que la vitesse en voie admissible a été réduite à 30 mi/h. Cette réduction de la vitesse en voie a été imposée en raison de l'état de la voie. Le 20 juin 2000, un ordre de marche au ralenti à 15 mi/h était en vigueur entre le point milliaire 0,0 et le point milliaire 0,5, en raison de l'état des traverses. Dans le secteur du déraillement, la voie était en alignement droit et elle était constituée de rails de 100 livres de diverses longueurs. Ces rails avaient été fabriqués en 1939 par Algoma Steel et ils étaient reliés entre eux par des éclisses à six trous. Ils reposaient sur des selles de rail à simple épaulement et étaient fixés à chaque traverse de bois mou par trois crampons, et ils étaient encadrés par des anticheminants à toutes les trois traverses. Le ballast de laitier concassé contenait des matériaux granulés qui indiquaient un pompage⁷ des éclisses. La surface de la voie était irrégulière et montrait un affaissement généralisé des éclisses.

Un échantillonnage fait au hasard entre le point milliaire 0,5 et le point milliaire 3,0 a révélé qu'il y avait de nombreuses éclisses reposant sur des traverses non conformes aux exigences du *Règlement sur la sécurité de la voie* de Transports Canada pour les voies de catégorie 3. Des traverses étaient fendues, avaient des selles très encastrées, ou étaient entaillées excessivement, et les crampons étaient desserrés et avaient une capacité faible, voire inexistante, de fixation des rails. Dans un échantillon portant sur un tronçon de 500 pieds situé immédiatement à l'ouest des lieux du déraillement, l'épaulement intérieur de 52 selles de rail était brisé.

La dernière inspection de la voie effectuée par un superviseur adjoint de la voie avait eu lieu la veille de l'accident, le 19 juin 2000, et l'inspection n'avait révélé aucun défaut affectant la sécurité de la voie, ni aucune traverse défectueuse, près des lieux du déraillement.

Une voiture de détection des défauts du rail avait contrôlé l'intégrité des rails le 5 mai 2000. Cette inspection n'avait révélé aucun défaut près des lieux du déraillement. La voiture de contrôle de la géométrie de la voie était passée dans ce secteur pour la dernière fois le 8 novembre 1999, et elle n'avait décelé aucun défaut sur les lieux du déraillement. Le contrôle de l'état géométrique de la voie, qui a été fait après l'accident près des lieux du déraillement, a montré que la surface, l'alignement et l'écartement de la voie étaient en deçà des tolérances énoncées dans le *Règlement sur la sécurité de la voie*. Toutefois, la hauteur des éclisses variait

⁷ Le pompage consiste en la migration de petites particules vers le ballast, combinée à un mouvement vertical excessif de la voie sous le passage du matériel roulant. Le pompage est causé par un mauvais état de la plate-forme de la voie.

considérablement dans un tronçon situé à l'ouest des lieux du déraillement; ce défaut doit avoir contribué au balancement des wagons du rail nord au rail sud et aux oscillations latérales du chargement d'un rail à l'autre.

1.12.1 *Règlement sur la sécurité de la voie de Transports Canada*

Aux termes du *Règlement sur la sécurité de la voie* de Transports Canada, tout tronçon de voie de 39 pieds doit reposer sur un nombre suffisant de traverses capables de fournir un appui satisfaisant et assurer le maintien :

- de l'écartement de la voie à l'intérieur des limites prescrites;
- du nivellement à l'intérieur des limites prescrites;
- du tracé à l'intérieur des limites prescrites.

Chaque tronçon de 39 pieds de voie de catégorie 3 doit reposer sur au moins 10 traverses en bon état également réparties de façon à assurer un bon appui à tout le tronçon de 39 pieds. Les voies de catégorie 3 doivent avoir une traverse dont l'axe longitudinal est situé dans un intervalle de 18 pouces de chaque côté d'un joint.

Aux termes du *Règlement sur la sécurité de la voie*, les traverses non défectueuse ne doivent pas présenter :

- de rupture de part en part;
- de fissures ou de défauts empêchant la fixation de crampons ou d'attaches de rail;
- de détériorations telles que les selles de rail ou le patin des rails puissent se déplacer latéralement sur plus de ½ pouce par rapport à la traverse; ou
- d'entailles causées par les selles sur une profondeur supérieure à 40 pour cent de l'épaisseur de la traverse.

1.13 *Intervention d'urgence*

Après le déraillement, le chef de train a inspecté le train à la recherche d'attelages ou de mâchoires d'attelage brisés, ou de conduites d'air qui se seraient séparées entre les wagons. Ayant constaté que des wagons avaient déraillé, il a demandé au mécanicien de communiquer avec le CCF. Le CCF a émis un avis d'intervention d'urgence à 4 h 10. Le CCF ignorait que les canalisations traversaient sous les voies ferrées à cet endroit. Ni la compagnie de pipeline ni l'Office national de l'énergie (l'organisme de réglementation de l'industrie des pipelines) n'ont été avisés de l'accident. Le chef de train ignorait que deux gazoducs souterrains, mesurant respectivement 36 pouces et 40 pouces de diamètre et espacés d'environ 30 pieds (10 m) l'un de l'autre, se croisaient directement au-dessous de l'endroit où le train a déraillé.

Le chef de train, avec l'aide du chef de train d'un train roulant vers l'ouest à Chalk River qui était au courant de l'arrêt d'urgence et avait offert son assistance, a procédé à une inspection des lieux du déraillement et a informé le CCF de la gravité du déraillement; toutefois, même si des écriteaux signalaient la présence des canalisations, le chef de train n'a pas noté leur présence.

Des superviseurs techniques et des superviseurs de l'exploitation du chemin de fer, qui sont intervenus sur les lieux et ont été informés ultérieurement de la présence des canalisations, ignoraient tout des risques liés aux canalisations.

Vers 8 h, un employé de la TransCanada PipeLines Limited qui passait en automobile sur une route adjacente a remarqué le déraillement et, craignant que les gazoducs à haute pression (pression supérieure à 850 livres par pouce carré [lb/po²]) ne soient endommagés, il a immédiatement déclenché le processus d'intervention d'urgence de la TransCanada PipeLines Limited. Par mesure de précaution, on a réduit la pression de service des gazoducs pendant qu'on enlevait les wagons déraillés. Le personnel de la TransCanada PipeLines Limited a surveillé le secteur en permanence afin de détecter toute fuite de gaz naturel. On a fermé la route adjacente et on a posté des gardiens de sécurité pour limiter l'accès au secteur. La compagnie de pipeline a procédé à une analyse technique pour déterminer les charges d'impact et identifier les endroits où une excavation et une inspection visuelle pourraient s'avérer nécessaires. Après l'analyse, on a retiré les wagons pour excaver un des gazoducs pour vérifier s'il avait subi des dommages. L'excavation a révélé que le gazoduc enrobé était enfoui à environ 2 m de profondeur et qu'il n'avait pas été endommagé lors du déraillement.

1.14 Information à l'intention des équipes de train

Les équipes de train doivent consulter plusieurs sources (autorisations de circuler, manuels d'exploitation, instructions générales d'exploitation, indicateurs, bulletins de marche et recueils de bulletins) pour obtenir les informations dont ils ont besoin pour exécuter leur travail. Les renseignements provenant de ces sources impose une méthode d'exploitation et renferme les détails concernant la sécurité ferroviaire. Normalement, on indique dans ces sources d'information les endroits où la circulation des trains fait l'objet de restrictions, p. ex. des ordres de marche au ralenti, des exigences spéciales quant à la conduite des trains, des autorisations de circuler ou les dangers. Toutefois, conformément à la pratique courante au sein des chemins de fer canadiens, les équipes de train ne disposent pas d'informations sur l'emplacement des canalisations souterraines.

Pour obtenir l'information dont elles ont besoin pour la conduite du train dont elles ont la responsabilité, les équipes consultent un bulletin de composition généré par ordinateur. Le bulletin de composition renferme normalement des informations comme le nom de l'expéditeur et du destinataire d'un envoi, l'acheminement de l'expédition, la longueur et le poids des wagons et du train et des renseignements spéciaux sur chaque wagon, dont les restrictions quant au mouvement ou des particularités spéciales sur la manutention du matériel roulant. Pour obtenir des renseignements à jour sur les wagons enregistrés aux fins des déplacements dans le réseau ferroviaire d'Amérique du Nord, le chemin de fer consulte le registre informatisé *Universal Machine Language Equipment Register* (UMLER), qui est une base de données tenue à jour par l'Association of American Railroads (AAR)⁸. Les deux voitures voyageurs qui ont déraillé ne figuraient pas dans la base de données UMLER, et le bulletin de composition généré automatiquement pour ces voitures ne faisait mention d'aucune restriction quant à leurs mouvements.

⁸ L'AAR est reconnue par les chemins de fer d'Amérique du Nord comme étant l'organisation qui assure l'uniformité et l'interchangeabilité des wagons et qui fait autorité en matière de réparation des wagons.

Habituellement, quand on ajoute des voitures voyageurs à un train de marchandises, on les place vers l'arrière du train. Les voitures avaient été placées à la 8^e position et à la 9^e position derrière les locomotives entre Calgary et Montréal; l'autorisation liée à cette décision figurait sur le bulletin de composition. Le bulletin de composition présentait quelques erreurs et omissions à propos des voitures; le bulletin indiquait qu'il y avait une seule voiture voyageurs alors qu'il y en avait deux, il indiquait que la voiture pesait 30 tonnes au lieu de 56 tonnes; il ne mentionnait pas la longueur des deux voitures ni que chaque voiture voyageurs était équipée de deux freins à main. L'information (incomplète) sur les voitures voyageurs n'avait pas été générée par ordinateur à partir de l'UMLER; elle avait été inscrite à la main sur le bulletin de composition. En l'absence d'information générée par ordinateur au sujet des envois spéciaux, on fait habituellement en sorte que l'information figure dans une instruction écrite d'accompagnement; or, aucune instruction de ce genre n'avait été rédigée pour ce mouvement. On a identifié les wagons déraillés ainsi que les marchandises qu'ils transportaient en consultant l'information figurant sur le bulletin de composition du train. La position du wagon de marchandises dangereuses le plus rapproché était incorrecte, car le bulletin indiquait qu'il s'agissait du 24^e wagon derrière les locomotives alors qu'il s'agissait en fait du 25^e wagon.

1.15 *Canalisations souterraines traversant sous les voies ferrées*

Les normes de construction et les exigences de sécurité concernant la traversée de canalisations sous des voies ferrées sont exposées dans la norme CSA Z662-99 de l'Association canadienne de normalisation (CSA). Transports Canada a présenté en mai 2001 la version la plus récente des *Normes concernant les canalisations traversant sous les voies ferrées*, incorporant par renvoi la norme Z662-99, mais avec certaines modifications. Pour les canalisations de pétrole, de gaz et de gaz dangereux, on a accru la profondeur au moment de la construction; elle est passée de 1,2 m à 1,68 m pour les canalisations avec gaine, et de 2,0 m à 3,05 m pour les canalisations sans gaine. Les gazoducs étaient conformes aux normes minimales de Transports Canada pour ce qui est de la profondeur minimale à laquelle les conduites doivent être enfouies sous le patin du rail (1,68 m pour les conduites avec gaine, et 3,05 m pour les conduites sans gaine).

En plus des critères relatifs au remblayage, la norme exige que des écriteaux mesurant 255 mm sur 305 mm soient placés en bordure de l'emprise ferroviaire et que ces écriteaux affichent de façon bien visible le mot « Avertissement », « Attention » ou « Danger » en caractères gras de 25 mm de hauteur, accompagné de la mention « Canalisation de gaz naturel à haute pression » en caractères gras de 13 mm de hauteur. Il y avait deux écriteaux d'avertissement au passage à niveau et deux autres en bordure de la route adjacente. Comme la route adjacente se trouvait à proximité de la voie ferrée, un des panneaux d'avertissement de la route était bien visible sur les lieux de l'accident, de même que les panneaux placés près du passage à niveau.

1.16 *Matériel roulant*

1.16.1 *Essais de wagons individuels*

Le personnel qualifié du service de la mécanique doit, à tout le moins, faire des essais des freins à air de wagons individuels au plus tard 96 mois après la date de construction des wagons neufs, et au plus tard tous les 60 mois dans le cas des autres wagons de marchandises, conformément à la règle 3 du manuel de l'AAR sur les

échanges de wagons, intitulé *Field Manual of the AAR Interchange Rules*. Les essais sont réalisés conformément aux exigences de la norme S-486-99 sur les essais de freins à air du matériel marchandises, intitulée « *CODE OF AIR BRAKE TESTS FOR FREIGHT EQUIPMENT* », du manuel des normes et pratiques recommandées de l'AAR, intitulé *AAR Manual of Standards and Recommended Practices*. L'essai doit se faire à une pression légèrement plus élevée (90 lb/po²) que la pression normale de service des trains (l'article 4.1 de la section 13 des Instructions générales d'exploitation du CFCP stipule que la pression de la conduite générale pour le service marchandises est de 85 lb/po²)⁹. Après qu'on a procédé à un essai de wagon individuel sur une voie de réparation et qu'on a affecté un wagon au service général, les essais des freins à air du train dépendent de l'indicateur de service des trains de l'exploitant. Quand les robinets des freins à air sont fabriqués ou remis à neuf, on en fait l'essai à une pression de 110 lb/po² sur le banc d'essai des freins automatiques, conformément à la norme MSRP S-466-91 de l'AAR, afin d'en vérifier le bon fonctionnement; par la suite, toutefois, les essais se font à une pression de 90 lb/po² seulement, conformément à la norme S-486 de l'AAR.

⁹ Exception : dans l'indicateur 50 du CFCP, à la page 39, Instruction particulière 12.1 concernant la subdivision Rossland, on exige une pression de 100 livres dans la conduite générale entre Warfield et Trail, pour les mouvements autres que les mouvements de locomotives haut-le-pied.

1.16.2 Exigences réglementaires

La réglementation applicable aux systèmes de freinage des trains de marchandises est exposée dans le *Règlement sur les freins des trains de marchandises et de passagers*, lequel a été approuvé par Transports Canada. Voici un extrait de ce règlement :

- 7.2 Aucun train de marchandises ne doit circuler avec moins de 85 % de ses freins en service, sauf comme prévu au paragraphe 8.4.
- 3.12 en service : se dit de freins qui se serrent et se desserrent, et sont en état de ralentir ou d'arrêter du matériel roulant; (*operative*);
- 21.1 Tout l'équipement de frein doit être maintenu dans un état sûr et convenable pour le service.
 - a) Les freins des véhicules remorqués doivent être entretenus conformément aux exigences de l'AAR et aux méthodes prescrites par la compagnie ferroviaire.

En ce qui a trait à l'article 3.12, les exigences relatives aux freins en service sont expliquées dans la publication intitulée *Modern Freight Car Air Brakes*¹⁰, dont voici un extrait :

- 8) [TRADUCTION] Les freins à air doivent se desserrer convenablement après un serrage gradué.

Toutefois, comme il l'a indiqué dans sa réponse à l'avis de sécurité ferroviaire 02/00 (voir le paragraphe 4.1.4), Transports Canada ne considère pas qu'il est nécessaire que les freins à air se desserrent convenablement après un serrage gradué pour qu'on considère qu'ils sont « en service ».

Les exigences de l'article 21.1 sont exposées dans les procédures du CFCP puisque les inspections autorisées et les réparations au triage se font conformément au manuel *Freight Car Inspection* du CFCP portant sur l'inspection des wagons de marchandises. À l'instar des normes de l'AAR¹¹, le manuel exige que tous les éléments des systèmes de freins à air qui sont brisés ou manquants soient réparés avant d'être remis en service.

¹⁰ David G. Blaine, *Modern Freight Car Air Brakes*, Simmons-Boardman Publishing, 12.

¹¹ Association of American Railroads, *2000 Field Manual of the AAR Interchange Rules*, Rule 4, AIR BRAKES AND PARTS, A. Wear Limits, Gauging, Cause for Renewal, 1. Bent, broken, worn, missing or inoperative parts.

1.16.3 Formation des trains

À la gare d'origine, la formation des trains de marchandises tient généralement compte de plusieurs facteurs (p. ex. destination de l'envoi, distribution du poids des wagons individuels et des tranches de wagons, réglementation sur les marchandises dangereuses, placement des wagons à plates-formes multiples et des wagons spéciaux, et exigences relatives aux freins à air).

La façon dont les trains de marchandises sont formés revêt une importance critique lorsque les mécaniciens sont appelés à atténuer le plus possible le jeu des attelages et les forces qui s'exercent sur le train, surtout quand le train gravit et descend des pentes et roule dans un territoire vallonné. En règle générale, on place les wagons lourds vers l'avant du train, et les wagons plus légers vers l'arrière du train. Les forces longitudinales qui s'exercent sur le train peuvent occasionner des charges latérales considérables sur la voie ferrée, suivant la courbure de la voie, le type et la longueur des wagons attelés et les irrégularités de surface de la voie. Bien qu'il soit préférable de former les trains en recherchant une distribution optimale du poids, afin d'assurer la plus grande sécurité possible, il arrive souvent qu'on adopte d'autres pratiques par souci d'efficacité de l'exploitation (p. ex. formation des trains en fonction de la destination des wagons ou des tranches de wagons).

Le service de la recherche et des essais de l'AAR a beaucoup étudié les problèmes particuliers liés aux forces qui s'exercent sur un train dont la formation laisse à désirer. Le résultat de ces études est documenté dans le manuel sur la composition des trains de l'AAR, intitulé *AAR Train Makeup Manual, Report R-802*¹², dont voici un extrait :

[TRADUCTION]

4.1.1 Séparation du train

Les efforts de traction excessifs¹³ peuvent avoir raison de la résistance des matériaux utilisés dans les systèmes de traction des wagons, ce qui entraîne des pannes mécaniques et, ultérieurement, la séparation du train.

¹² Le document *AAR Train Makeup Manual, Report No. R-802*, de l'AAR énonce des lignes directrices sur l'emplacement des wagons qui tiennent compte des principes de la dynamique voie ferrée-train et des forces exercées sur le train.

¹³ Les efforts de traction sont des forces longitudinales de traction ou d'étirement.

4.1.2 Étirement de la rame (*stringlining*)

Les forces de traction tendent à étirer le train en une ligne droite, un phénomène qu'on désigne en anglais par le terme « *stringlining* ». Des efforts latéraux considérables sont transmis à la voie ferrée dans ces conditions. Les wagons dont le centre de gravité est élevé ou ceux qui sont vides ou peu chargés peuvent alors se renverser.

4.1.3 Mise en portefeuille

La mise en portefeuille est la situation opposée à celle présentée en 4.1.2 (Étirement de la rame). Elle se produit lorsque des forces de compression s'exercent sur les wagons. Les wagons adjacents se poussent les uns contre les autres, ce qui entraîne leur mise en portefeuille. Du fait des angles des attelages, la voie est soumise à des efforts latéraux similaires à ceux qui entraînent l'étirement de la rame, mais en sens opposé. Habituellement, le véhicule ne se renverse pas, mais une de ses roues en vient à chevaucher le rail, ou bien un rail se renverse. Lors d'un déraillement avec mise en portefeuille, les attelages atteignent habituellement la limite d'obliquité à l'intérieur du pylône de choc des wagons.

6.3 Wagons dont les bogies permettent un débattement latéral accru

Certains wagons, dont des fourgons de queue et des wagons à essieux simples, sont munis de bogies spéciaux qui permettent un plus grand débattement latéral de la traverse danseuse que le débattement normal autorisé par les bogies standard à trois pièces. Les bogies de ce modèle améliorent la qualité de roulement des véhicules. Ils font en sorte que l'obliquité des attelages est beaucoup plus grande quand des forces de compression s'exercent, étant donné l'augmentation des angles entre la caisse des wagons qui est rendue possible par ces bogies. Les risques de mise en portefeuille sont alors beaucoup plus grands que dans le cas de la disposition typique wagons longs-wagons courts.

On recommande que les wagons équipés de bogies de ce type soient placés vers l'arrière du train. De plus, on ne devrait pas pousser des wagons équipés de la sorte. . .

En règle générale, les Instructions générales d'exploitation du CFCP ne traitent pas de l'emplacement des voitures voyageurs, comme les 8^e et 9^e wagons du train, dont les bogies permettent un débattement latéral accru. Par le passé, quand le CFCP intégrait plus souvent des voitures voyageurs à des trains de marchandises, des instructions exigeaient que ces voitures soient placées à l'arrière du train.

1.16.4 Éléments des voitures voyageurs

Les voitures voyageurs qui ont déraillé sont habituellement équipées de bogies qui permettent un plus grand débattement latéral entre la caisse et les essieux, comparativement aux wagons de marchandises courants. Cette particularité vise à améliorer la qualité de roulement de la voiture sur des voies qui présentent des irrégularités

de la géométrie. Du fait de cette mobilité accrue, l'obliquité des attelages peut être très grande quand la rame subit des forces de compression. Ces voitures sont aussi équipées de freins à sabot séparés qui serrent chaque semelle contre chacune des huit roues de la voiture. Il y a des freins à main à chaque bout de la voiture, dont les semelles sont appliquées contre deux roues. Les freins à air et les freins à main utilisent tous deux un frein à sabot similaire, appelé Wabco GB5.

On a noté que la semelle du frein R-4 de la voiture AMT922 était serrée partiellement contre la roue et était presque entièrement brûlée, le porte-semelle étant décoloré par la surchauffe. Les autres semelles de frein des voitures étaient relativement neuves. Le frein à sabot Wabco GB5 de la position R-4 a été démonté complètement aux fins d'examen et d'analyses par le Laboratoire technique du BST (rapport technique LP 100/00). L'analyse a révélé que le frein à sabot fonctionnait normalement et que le serrage de la semelle contre la roue était attribuable au serrage partiel du frein à main. Les essais de freins à air effectués sur les deux voitures voyageurs après l'accident ont révélé que les systèmes de freinage fonctionnaient normalement.

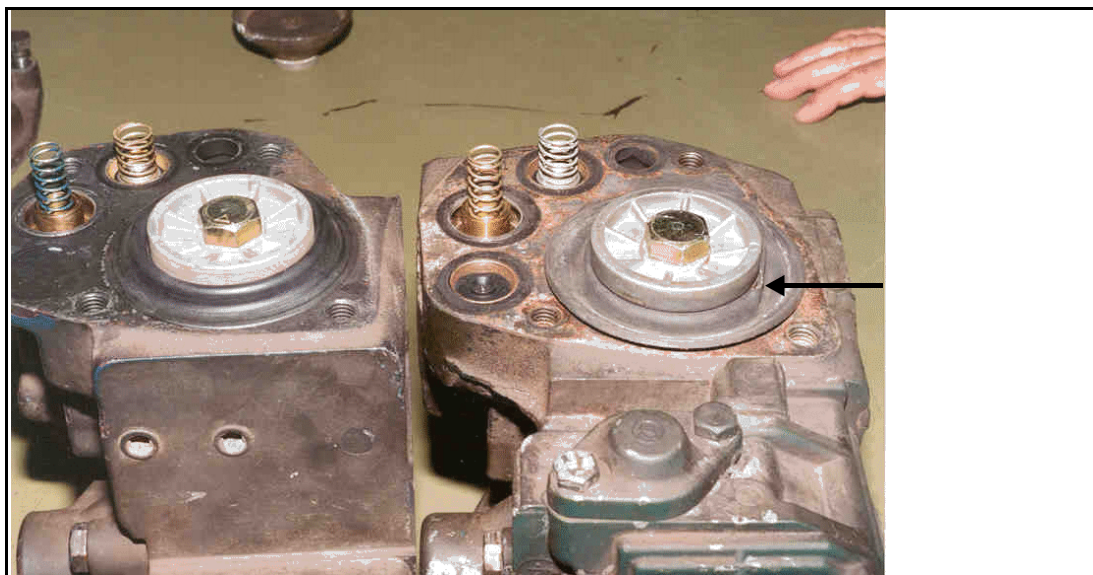
1.16.5 Éléments des wagons de marchandises

Les distributeurs de freinage à air des wagons de marchandises comportent deux parties (serrage gradué et serrage d'urgence) reliées toutes deux à un corps de distributeur, en l'occurrence un réceptacle universel de montage des robinets de frein approuvés par l'AAR. La partie réservée au freinage gradué réagit surtout aux changements de pression de la conduite générale commandés par le mécanicien. La section freinage d'urgence réagit principalement aux réductions soudaines de la pression de la conduite générale et commande un serrage d'urgence des freins à air, qui peut être volontaire ou provenir de la conduite générale.

Le 10^e wagon (SRY 73013), un wagon plat à support central en A chargé de bois d'oeuvre était équipé d'un distributeur de freinage de type ABDX-L qui avait été installé à l'origine sur le wagon pour les besoins d'un essai. Le Laboratoire technique du BST a fait démonter les sections du distributeur de freinage pour en faire l'examen et l'analyse (rapport technique LP 129/00). Les sections du distributeur ABDX-L ont été mises à l'essai sur un banc d'essai des freins automatiques approuvé par l'AAR, dans un atelier autorisé de freins à air. La partie freinage gradué du distributeur a passé avec succès tous les tests et n'a pas été démontée pour une inspection.

La partie freinage d'urgence n'a pas réussi le test en raison de fuites internes. Elle a été démontée pour être analysée. L'analyse a révélé qu'il y avait un dépôt de nature indéterminée à la surface du tiroir, une pièce interne qui dirige l'air vers l'intérieur du robinet. Il est probable qu'en raison de ce dépôt, le tiroir s'est soulevé du siège du robinet, d'où la fuite qu'on a détectée au banc d'essai des freins automatiques. Ce wagon avait des bogies de modèle standard en trois pièces servant au contrôle du roulement des wagons de marchandises, bogies dont le jeu latéral est minimal. L'examen des bogies fait sur place n'a révélé aucune défectuosité, mis à part les dommages apparents dus au déraillement.

Le 11^e wagon (SRY 873090), un wagon plat à support central en A chargé de bois d'oeuvre, était équipé d'un distributeur de freinage comprenant une section serrage gradué de type DB-10 et une section freinage d'urgence de type ABDW. La section freinage gradué ayant subi des dommages irréparables lors du déraillement, il a été impossible de la soumettre à des essais. L'examen de la section freinage gradué qu'on a récupérée n'a révélé aucun défaut interne. Il s'agissait d'un robinet remis à neuf qui avait été installé en mars 2000. Le wagon avait passé avec succès un essai de wagon individuel. Le Laboratoire technique du BST a procédé à des tests sur la section freinage d'urgence du distributeur ABDW au banc d'essai des freins automatiques approuvé par l'AAR, dans un atelier de freins à air autorisé (rapport technique LP 028/01). En plus de présenter des fuites importantes, la section freinage d'urgence n'a pas réussi plusieurs des tests au banc d'essai des freins automatiques qui sont exigés par l'AAR, et causait notamment des serrages d'urgence intempestifs répétés. Le diaphragme, qui permet de sceller le piston de freinage d'urgence dans sa chambre de travail, était fracturé sur environ un pouce (voir la figure 2). Cette rupture annulait l'effet tampon que le diaphragme est censé exercer en cas de fluctuations mineures de la pression, ce qui causait des serrages d'urgence intempestifs répétés.



Le Laboratoire technique du BST a retenu les services du Centre d'essais techniques de la qualité (CETQ) et l'a chargé de faire enquête sur la défaillance du diaphragme de caoutchouc. Le BST a fourni la section freinage d'urgence de ce wagon, ainsi que trois sections freinage d'urgence de trois wagons similaires « en service », fournis par le propriétaire des wagons. Il a aussi obtenu un diaphragme neuf fourni par le fabricant des freins à air, à des fins de comparaison. Le rapport du CETQ (dossier LP 114/01 du BST) indique que les diaphragmes étaient faits de caoutchouc néoprène (polychloroprène). Le caoutchouc néoprène a une durée de conservation recommandée de 5 à 10 ans, durant laquelle le produit est censé conserver ses caractéristiques d'origine ou être conforme aux tolérances. Les règles de l'AAR précisent que les diaphragmes installés à l'état neuf ne doivent pas avoir dépassé leur durée de conservation, pour que les diaphragmes aient la résistance prévue au moment d'installer les robinets sur les wagons. La durée de conservation est déterminée en fonction des effets à long terme que des facteurs comme les contraintes externes (statiques et dynamiques) et les conditions environnementales peuvent avoir sur les propriétés physiques du produit, c'est-à-dire réduction de la résistance à la traction, déformation due à la compression, durcissement, réduction de la flexibilité, fissuration/craquelage, etc. Quand une de ces propriétés physiques devient inférieure à la valeur minimale convenue, on considère que l'article a atteint le terme de sa durée de vie utile.

Le CETQ a déterminé que tous les diaphragmes « en service » qu'il a examinés avaient subi une déformation permanente (ils étaient ondulés ou inversés); leur capacité de servir de tampons était alors réduite et le robinet avait tendance aux serrages d'urgence intempestifs. De plus, on a relevé un nombre important de fissures et de plis qui pourraient aussi causer une défaillance. L'analyse du diaphragme du 11^e wagon a révélé que la déchirure avait suivi un pli dans le caoutchouc attribuable à une déformation à long terme due à la compression sur la surface intérieure de la courbe à cet endroit. Cela a causé un fluage du caoutchouc ainsi qu'une réduction de l'épaisseur effective à cet endroit, ce qui rendait le diaphragme vulnérable à une rupture.

La durée de vie utile, par opposition à la durée de conservation, des diaphragmes de caoutchouc que l'on installe sur les robinets de freins à air, n'était pas considérée comme étant problématique, et les règles de l'AAR qui préconisaient à l'origine un renouvellement périodique ont été supprimées. En vertu des exigences actuelles de l'AAR, les robinets de freins à air peuvent rester en service tant qu'ils ne sont pas défectueux ou pendant toute la durée de vie utile du wagon, habituellement une quarantaine d'années. Il a été impossible de connaître le dossier de service de chacun des diaphragmes analysés.

Le 12^e wagon (SRY 73030) était équipé d'un distributeur de frein à air de type ABDX-L. Ce distributeur a été détruit lors du déraillement.

Le 13^e wagon (CP 343888) était équipé d'un distributeur de type AB, lequel avait été remis à neuf et installé sur le wagon en 1991. Le distributeur avait fait l'objet de neuf essais de freins sur une voie d'atelier, entre 1991 et le jour du déraillement. Le Laboratoire technique du BST a obtenu le distributeur et l'a analysé (rapport technique LP 090/00). L'analyse du BST a révélé que le protecteur d'évent, une pièce de fonte munie d'un

volet de caoutchouc destiné à sceller le trou de l'évent dans la section freinage d'urgence quand il n'y a pas d'échappement d'air, était brisé et n'était plus fixé au distributeur. La partie du protecteur d'évent qui était brisée à l'intérieur du distributeur était très rouillée. On a constaté que l'intérieur de la section freinage d'urgence était contaminé par de la poussière agglomérée. Il y avait aussi du sable dans le distributeur et dans l'ouverture du protecteur d'évent. Le distributeur a été envoyé au fabricant pour examen. Le fabricant a conclu qu'en raison de la contamination, la section freinage d'urgence devait être défectueuse. Le distributeur AB, approuvé pour le service ferroviaire en 1933, est reconnu au sein de l'industrie ferroviaire comme étant une pièce désuète qu'on interdit¹⁴ de remplacer par la même pièce si elle est défectueuse ou si elle est retirée d'un wagon pour une raison quelconque.

1.16.6 Freins à air à serrage gradué et freins à air d'urgence

Pendant un serrage gradué, la conduite générale¹⁵ envoie de l'air comprimé à partir de l'avant du train à un taux contrôlé. Les distributeurs détectent la diminution de la pression de la conduite générale dans chaque wagon successif et font en sorte que l'air emmagasiné dans le réservoir auxiliaire de chaque wagon entre dans le ou les cylindres de frein du wagon. Dans le ou les cylindres de frein, l'air pousse un piston, lequel met en mouvement une série de tiges et de leviers qui finissent par appliquer les semelles de frein contre les roues du wagon. Quand on commande un serrage à fond des freins, la totalité du volume contenu dans le réservoir auxiliaire est dirigée vers les cylindres de frein des wagons. Au moment d'un serrage d'urgence, les distributeurs détectent une chute plus rapide de la pression de la conduite générale, et font en sorte que les volumes combinés des deux réservoirs—réservoir d'urgence et réservoir auxiliaire—soient dirigés vers le ou les cylindres de frein le plus rapidement possible. Il s'ensuit que les freins sont serrés plus rapidement et avec une force accrue, soit avec environ 17 % plus de force qu'au moment d'un serrage à fond. Au moment d'un freinage d'urgence, les forces générées dans le train sont beaucoup plus grandes que pendant un freinage gradué normal.

¹⁴ Le manuel de l'AAR intitulé *2000 Field Manual of the AAR Interchange Rules*, rule 4, B. Correct Repairs, interdit le remplacement des distributeurs AB par la même pièce.

¹⁵ La conduite générale est une conduite continue sur toute la longueur du train, qui achemine de l'air comprimé vers le circuit de freinage à air de chaque wagon du train. Elle sert aussi à transmettre aux distributeurs de chaque wagon des signaux pneumatiques permettant de serrer et de desserrer les freins pendant un freinage gradué et un freinage d'urgence.

1.17 *Recherches sur les serrages d'urgence intempestifs*

Au cours des années 1980, le service de la recherche et des essais de l'AAR, en collaboration avec le CFCP, le Burlington Northern Santa Fe et le Chicago and North Western, a mené des tests approfondis sur des trains commerciaux en service, et a constaté que des distributeurs de freinage suspects pouvaient causer des serrages d'urgence intempestifs. L'AAR a produit le rapport R-756¹⁶ en août 1990, après plus de cinq ans d'efforts concertés. Le rapport traite notamment de la façon dont une brève réduction de la pression de la conduite générale peut causer un serrage d'urgence intempestif. Même si la plupart des serrages d'urgence intempestifs faisaient suite à un serrage gradué des freins, on a également conclu dans le rapport que la réaction dans les attelages (forces de traction et de compression) qui accompagne un freinage gradué, ou qui se produit même en l'absence de freinage gradué, peut causer une brève réduction de la pression de la conduite générale et donner lieu à un serrage d'urgence intempestif. Le rapport présente les recommandations suivantes :

- réduire la réaction des attelages pendant les opérations ferroviaires susceptibles de causer des serrages d'urgence intempestifs;
- faire en sorte que les distributeurs de freinage à air soient légèrement moins sensibles aux fluctuations de la pression de la conduite générale;
- équiper les wagons neufs de distributeurs conçus pour supporter les fluctuations de la pression de la conduite générale.

L'AAR a fait subir des essais en service à des distributeurs de freinage soupçonnés de déclencher des serrages d'urgence intempestifs. Les résultats de ces essais sont décrits dans le rapport R-761 de l'AAR¹⁷. Les essais en question ont démontré qu'une forte réaction des attelages pouvait à elle seule entraîner des réductions brusques de la pression de la conduite générale, atteignant 2 lb/po². Les travaux en laboratoire ont également démontré que les distributeurs de freinage pouvaient réagir à des réductions de la pression de la conduite générale induites par le jeu des attelages et pouvaient causer un serrage d'urgence intempestif.

¹⁶ Le rapport R-756 de l'AAR, intitulé *Undesired Emergency Brake Applications Causes and Recommendations*, décrit les résultats et les recommandations de l'étude de l'AAR sur les serrages d'urgence intempestifs intitulée *AAR Undesired Emergency Study*.

¹⁷ Le rapport R-761 de l'AAR, intitulé *Undesired Emergency Brake Applications Transportation Test Centre UDE Tests*, décrit les essais sur les serrages d'urgence intempestifs, commandités par la Federal Railroad Administration, qui ont eu lieu au Transportation Test Centre, à Pueblo, Colorado, ainsi que les essais en voie et en laboratoire qui les ont précédés.

1.18 *Analyse de la dynamique des trains*

Le Laboratoire technique du BST a fait une analyse du déraillement, notamment en calculant les forces de compression exercées sur le train, à partir des données du consignateur d'événements, de l'information sur la composition du train et du profil de la voie. Il a mis au point un modèle statique relatif à la transformation des forces longitudinales en forces latérales, en se basant sur les spécifications des wagons en cause (rapport technique LP 112/00 du BST). Voici quelques-unes des conclusions principales de l'analyse :

- selon toute vraisemblance, le train a subi un serrage d'urgence intempestif à la hauteur du wagon 11 pendant un freinage rhéostatique;
- le 10^e wagon a été le premier à dérailler;
- les forces de compression dues au serrage d'urgence intempestif ont été suffisamment grandes pour induire des forces latérales auxquelles la voie n'a pas pu résister;
- les forces de compression se sont transformées en des forces latérales d'une ampleur inhabituelle, lesquelles ont été amplifiées par l'écart considérable entre le débattement latéral des bogies du 10^e wagon et de ceux du 9^e wagon et se sont appliqués au bogie avant du 10^e wagon;
- le mauvais état de la voie ferrée a contribué au déraillement, du fait de défauts considérables de la géométrie de la voie, de la faible résistance de la voie et de sa résistance insuffisante aux efforts latéraux.

Les enquêteurs ont utilisé les données du moniteur de queue et les données concernant l'accélération pour déterminer la position où le serrage d'urgence intempestif initial s'est produit, et pour établir la chronologie des événements entourant l'accident. Le rapport précise aussi qu'il n'y a aucune réglementation quant à l'exactitude des transmissions radio entre le moniteur de queue et le consignateur d'événements et quant aux délais entre ces transmissions.

2.0 *Analyse*

2.1 *Introduction*

Quand on continue d'exploiter un train qui a subi des serrages d'urgence intempestifs répétés, les employés du chemin de fer, le public et l'environnement courent le risque que le train déraille avec les conséquences que cela comporte, notamment des blessures et des dommages à la propriété. Lors de cet accident, un certain nombre de circonstances se sont combinées pour accroître ce risque, à savoir le serrage rapide des freins rhéostatiques par le mécanicien, le placement de voitures voyageurs vers l'avant du train, et la faiblesse de la structure de la voie près de Chalk River.

L'analyse portera principalement sur les questions de sécurité suivantes qui ont été relevées au cours de l'enquête :

- l'exploitation des trains connus pour leur tendance aux serrages d'urgence intempestifs;
- l'état de la voie;
- les exigences réglementaires relatives aux données des consignateurs d'événements;
- la conduite du train;
- l'information critique pour la sécurité ferroviaire et l'intervention d'urgence;
- l'état des distributeurs de freinage à air des wagons de marchandises;
- la position des voitures voyageurs incorporées à des trains de marchandises.

2.2 *Exploitation des trains connus pour leur tendance aux serrages d'urgence intempestifs*

Le train a parcouru 900 milles après qu'on eut déterminé qu'il avait tendance aux serrages d'urgence intempestifs. De telles pratiques ne sont pas inhabituelles chez les compagnies de chemin de fer. Bien qu'on dispose de nombreuses informations confirmant qu'un freinage d'urgence, qu'il soit intentionnel ou intempestif, peut générer des forces dynamiques considérables, les chemins de fer canadiens ont choisi en général de courir le risque de laisser ces trains en service. Par conséquent, on s'attend à ce que les équipes de train continuent d'exploiter des trains connus pour leur tendance aux serrages d'urgence intempestifs.

Quand ils exploitent un train qui a tendance aux serrages d'urgence intempestifs, les mécaniciens doivent élaborer et appliquer des stratégies permettant d'exploiter le train sans recourir aux freins à air. Comme l'utilisation à bon escient des freins à air d'un train est la manière la plus efficace de contrôler la vitesse et de répartir les forces exercées sur le train, le fait de serrer les freins à air seulement en cas d'urgence peut parfois placer les mécaniciens dans des situations difficiles. Le frein rhéostatique et le robinet de mécanicien des locomotives concentrent l'effort de freinage à l'avant du train. Lors de cet accident, le serrage d'urgence intempestif survenu vers l'avant du train s'est combiné à l'utilisation du frein rhéostatique pour créer des forces de compression très grandes. La plupart du temps, les trains qui ont tendance aux serrages d'urgence intempestifs arrivent à destination sans encombre. Toutefois, dans certaines circonstances, comme dans le cas qui nous intéresse, le fait d'exploiter un train sans utiliser toute la puissance de freinage à air est dangereux.

Après avoir été identifié comme un train ayant tendance aux serrages d'urgence intempestifs, le train est passé à deux endroits où des inspecteurs autorisés de wagon étaient en poste. On n'a pas demandé à ces inspecteurs, qui sont formés spécifiquement pour inspecter et entretenir les circuits de freins à air des wagons de marchandises et ont l'expérience de ce travail, de corriger le problème de serrage d'urgence intempestif du train.

Quand on utilise le circuit de freinage à air uniquement pour immobiliser un train en cas d'urgence, parce que les serrages gradués réalisés par ce circuit de freinage manquent de fiabilité, les forces considérables qui s'exercent sur le train à ce moment peuvent causer un déraillement. Le fait de continuer d'exploiter un train dépourvu d'une capacité de freinage fiable a pour effet d'accroître la probabilité de conséquences malheureuses, car la durée de l'exposition au risque est prolongée.

2.3 *État de la voie*

La structure de la voie (c'est-à-dire les rails, les traverses, les dispositifs de fixation, les selles de rail, les crampons, le ballast, la plate-forme) est conçue pour supporter le poids des trains et absorber les forces liées au passage des trains. L'état de la voie, dont l'entretien répond aux normes énoncées dans le *Règlement sur la sécurité de la voie* de Transports Canada, détermine la catégorie de la voie et la vitesse maximale à laquelle les trains peuvent circuler sans danger. Dans ce cas-ci, l'entretien de la voie n'a pas été fait conformément aux normes du *Règlement sur la sécurité de la voie* relatives à la vitesse autorisée. Les traverses étaient entaillées profondément ou détériorées, les crampons étaient desserrés, et des selles de rail étaient brisées, ce qui fait que les joints de rail n'étaient pas supportés suffisamment. Lors du passage du train, l'affaissement des joints de rail a causé une inclinaison des wagons, lesquels ont exercé un effort latéral sur les joints de rail affaissés. L'effort latéral s'est ensuite transféré aux joints de rail. La voie étant mal appuyée sur les traverses, l'effort latéral excessif dû aux forces dynamiques inhabituelles que le train exerçait sur la voie a causé le renversement du rail sud et un surécartement de la voie au passage du train.

Les inspections courantes faites par le personnel d'entretien de la voie n'ont pas permis de déceler le risque lié à la détérioration de la voie dans les joints de rail. Les voitures de contrôle de l'état géométrique de la voie et de détection des défauts du rail n'avaient décelé aucune anomalie dans le secteur. Les inspections faites par la voiture de contrôle de l'état géométrique

de la voie, laquelle ne détecte pas les traverses en mauvais état, ont pu amener les intéressés à conclure à tort que la structure de la voie était tout à fait sûre, alors qu'en fait, sa résistance aux efforts latéraux était compromise par des traverses défectueuses.

2.4 *Exigences réglementaires relatives aux données des consignateurs d'événements des locomotives*

Les renseignements fournis par le consignateur d'événements (dont le logiciel était désuet) étaient complets, en ce sens qu'ils répondaient à toutes les exigences de base du *Règlement relatif à l'inspection et à la sécurité des locomotives de chemin de fer*. Toutefois, il n'a pas permis d'afficher tous les paramètres nécessaires à l'analyse de la conduite du train avant le déraillement. Le consignateur d'événements a certes recueilli les données nécessaires, mais pour accéder aux données nécessaires pour faire les calculs et les simulations des forces exercées sur le train et le calcul de la position approximative où l'à-coup s'est produit, on avait besoin d'un logiciel moderne.

Le nombre minimal de paramètres exigés par le règlement en vigueur a été établi avant que l'acquisition et l'enregistrement des données de bord connaissent une évolution technologique. L'industrie ferroviaire canadienne reconnaît généralement la valeur des données des consignateurs d'événements sur le plan de la sécurité et elle a fait en sorte que les consignateurs saisissent plus de données que ce qui est exigé par la réglementation. Toutefois, comme il n'est pas obligatoire que les consignateurs d'événements incluent des données additionnelles sur les paramètres d'exploitation, les possibilités d'identification des anomalies sur le plan de la sécurité dans la conduite des trains s'en trouvent limitées.

2.5 *Exploitation des locomotives*

L'analyse des données du consignateur d'événements a révélé que seulement trois secondes se sont écoulées entre le moment où les locomotives sont passées d'un effort de traction à un effort de freinage rhéostatique. Dans les trois secondes suivant le début du freinage rhéostatique, on est passé à un freinage rhéostatique puissant, ce qui est contraire aux exigences des Instructions générales d'exploitation du CFCP. Le fait de commander un freinage rhéostatique puissant sans avoir attendu une diminution du jeu des attelages risque d'occasionner des forces de compression inutilement grandes. Le fait de passer rapidement de la traction à un freinage rhéostatique puissant a causé un effort considérable de compression des attelages, ce qui a précipité le serrage d'urgence intempestif. Les forces de compression générées par le serrage d'urgence intempestif près de l'avant du train, ajoutées aux forces de compression liées au puissant freinage rhéostatique, ont occasionné au point d'interface roues/rails des forces latérales qui ont excédé la capacité de résistance de la structure déjà affaiblie de la voie ferrée, ce qui a entraîné le renversement du rail sud et le déraillement qui a suivi.

2.6 *Intervention d'urgence*

Pour être efficace, l'intervention d'urgence dépend en grande partie de la disponibilité et de l'exactitude des renseignements. Les membres de l'équipe du train, les premiers intervenants et le public peuvent être exposés inutilement à des risques lorsque des informations critiques pour la sécurité, comme la position des wagons de marchandises dangereuses dans un train, sont inexactes. Immédiatement après le déraillement, on a mal identifié l'emplacement du wagon de marchandises dangereuses le plus rapproché à cause d'erreurs dans le bulletin de composition du train. Dans les circonstances, le danger n'a pas été plus grand, mais il reste que toute erreur sur la position des wagons de marchandises dangereuses dans un train peut faire courir des risques supplémentaires aux intervenants, advenant la défaillance d'un wagon endommagé.

Même si le contrôleur de la circulation ferroviaire est chargé de déclencher l'intervention d'urgence après un accident comme le présent déraillement, il ne dispose pas de renseignements facilement utilisables sur l'emplacement de toutes les canalisations souterraines, si bien que le contrôleur de service au moment de l'accident n'a pas été en mesure de fournir l'information pertinente aux intervenants. Les membres du personnel d'intervention d'urgence, y compris le personnel de la compagnie de chemin de fer, n'ont pas su immédiatement qu'il y avait des canalisations souterraines à l'endroit où le train a déraillé. Même après avoir été informés de la présence des gazoducs, ils n'ont pas réalisé que l'intégrité des gazoducs pourrait être compromise en raison du déraillement; ce n'est qu'au moment où un employé de la compagnie de pipeline est arrivé sur les lieux par hasard et qu'il a déclenché une intervention d'urgence pour les gazoducs qu'ils se sont rendu compte de la situation. Il y avait trois ou quatre panneaux d'avertissement bien en vue sur les lieux de l'accident. Ces petits écriteaux étaient placés à la limite de l'emprise et ils portaient un texte en petits caractères. Ces écriteaux servent surtout à signaler la présence d'installations souterraines, à prévenir les excavations accidentelles et à empêcher que les gazoducs soient endommagés. Ils donnent aussi un numéro de téléphone à composer en cas d'urgence. Même si des panneaux signalaient la présence des gazoducs, ni l'équipe du train ni les membres du personnel d'intervention en cas d'urgence ne se sont rendu compte du danger qu'ils couraient.

En raison de son poids et de sa vitesse acquise, il arrive souvent que le matériel roulant pénètre le sol jusqu'à plusieurs mètres de profondeur après avoir déraillé. Toutefois, du fait qu'ils transportaient un chargement de bois d'oeuvre bien réparti, les wagons déraillés ne se sont pas enfoncés dans le sol assez profondément pour endommager les gazoducs. Il reste qu'en raison de leur vitesse acquise, des wagons qui endommagent le sol après avoir déraillé pourraient compromettre l'intégrité d'un gazoduc, ce qui pourrait entraîner des conséquences graves. Il importe que les intervenants disposent de toute l'information disponible sur les dangers qu'ils courent avant d'arriver sur les lieux d'un accident. Étant donné les dommages qu'un déraillement peut causer à un pipeline, il y aurait peut-être lieu d'améliorer l'information liée aux gazoducs souterrains afin de pouvoir identifier leur emplacement plus rapidement et pour pouvoir mieux sensibiliser les intéressés aux dangers associés à ces installations.

2.7 *Matériel roulant*

Des calculs, tenant compte de la vitesse de propagation du signal de freinage dans la conduite générale, de la longueur approximative de la conduite générale, et de l'écart de 4,9 secondes entre l'enregistrement du serrage d'urgence intempestif à l'avant et à l'arrière du train, ont montré que le serrage d'urgence intempestif s'est produit fort probablement à la hauteur du 10^e ou du 11^e wagon (voir l'annexe B - Détermination du premier wagon touché par le serrage d'urgence).

Les robinets de frein des voitures voyageurs ont fonctionné comme prévu et, selon toute vraisemblance, ils n'ont pas contribué au serrage d'urgence intempestif. L'examen du frein à sabot Wabco GB5 qui a été fait par le fabricant a confirmé le bon état de fonctionnement du frein. Le régleur automatique de timonerie de frein placé à l'intérieur du GB5, qui est conçu pour maintenir la semelle de frein à la position préétablie quand les freins à air sont desserrés, fonctionnait correctement. On avait activé le régleur en procédant à un serrage et un desserrage normaux des freins à air de façon que la semelle garde sa position préétablie, à la roue R-4. La surchauffe de la semelle de frein à cet endroit a été causée par un serrage partiel du frein à main. L'agent de train chargé de s'assurer qu'un seul frein à main est desserré sur chaque wagon ne s'attendrait pas nécessairement à devoir desserrer deux freins à main sur certains wagons spécialement équipés. Étant donné qu'on n'avait pas signalé aux employés affectés au service des voitures voyageurs que chaque voiture voyageurs avait deux freins à main, il était possible qu'on oublie de les desserrer tous les deux.

L'examen du distributeur de freinage du 10^e wagon a révélé que le distributeur n'avait pas réussi l'essai de frein exigé par l'AAR, parce qu'il y avait des fuites internes dans la section freinage d'urgence du distributeur. Toutefois, le robinet de freinage fonctionnait correctement. On a considéré que la fuite avait été sans conséquence puisqu'elle était minime.

En mars 2000, la section freinage d'urgence du distributeur ABDW du 11^e wagon avait passé avec succès l'essai de frein de wagon individuel exigé par les règlements de l'AAR. L'essai a été fait à une pression de 90 lb/po², conformément aux exigences de la norme MSRP S-486 de l'AAR. Si l'essai avait été fait à une pression beaucoup plus élevée, p. ex. à la pression spécifiée dans la norme MSRP S-466, on aurait peut-être détecté le mauvais état du diaphragme. On aurait alors pu prévenir la défaillance du distributeur, qui allait se produire trois mois plus tard après la rupture de diaphragme. Suite à la rupture du diaphragme, la section freinage d'urgence du distributeur est devenue sensible aux petites fluctuations de la pression de la conduite générale, semblables à celles qui se sont produites quand on a actionné rapidement le frein rhéostatique sur le train.

Les résultats de l'analyse de la section freinage d'urgence du distributeur du 11^e wagon, combinés aux calculs de la vitesse de propagation du signal de freinage d'urgence, indiquent que le serrage d'urgence intempestif s'est produit à la hauteur du 11^e wagon. L'analyse du matériau du diaphragme de néoprène qui s'est rompu a révélé que la déchirure avait suivi un pli dans le caoutchouc, lequel était attribuable à une déformation à long terme due à une compression sur la surface intérieure de la courbe à cet endroit. Le tout a causé un fluage du caoutchouc et une réduction de l'épaisseur effective à cet endroit, ce qui a rendu le diaphragme vulnérable à une rupture.

Comme la plupart des diaphragmes des distributeurs de freinage ne se rompent pas en service, les normes en vigueur relatives à l'entretien du matériel roulant permettent que les distributeurs munis de ces diaphragmes restent en service aussi longtemps qu'ils ne subissent pas de défaillance. Comme les défaillances de cette pièce peuvent entraîner un serrage d'urgence intempestif et que ces événements comportent des risques élevés de déraillement, il faudrait peut-être s'en tenir à une durée de vie utile plus réaliste. Faut-il d'essais suffisamment rigoureux destinés à vérifier l'intégrité des pièces ou à identifier celles dont la défaillance est imminente, il est impossible d'avoir une assurance raisonnable quant au bon fonctionnement des distributeurs de freinage jusqu'à l'essai suivant. Bien qu'on ignore combien il y a de wagons équipés de ces pièces dans le parc ferroviaire d'Amérique du Nord, on sait que les distributeurs équipés de cette pièce sont employés à la grandeur du réseau.

Le protecteur d'évent de la section freinage d'urgence du distributeur du 13^e wagon était brisé depuis un bon moment puisque de la rouille avait eu le temps de s'accumuler sur la surface de rupture exposée. En l'absence de protecteur d'évent pour sceller l'évent d'échappement, l'intérieur du distributeur a été contaminé, et la contamination a favorisé la défaillance du distributeur. Compte tenu de l'accumulation de rouille observée, il est vraisemblable que la rupture du protecteur d'évent n'ait pas été découverte lors de la dernière inspection autorisée faite à Winnipeg, deux jours auparavant.

Le risque de défectuosité des freins à air en cours de route s'est accru quand les essais de freins à air, censés détecter les défaillances avant qu'elles ne se produisent, n'ont pas décelé les défectuosités des robinets de frein. L'absence de protecteur d'évent qui a donné lieu à la contamination de la partie freinage d'urgence du distributeur du 13^e wagon, n'a pas été détectée lors des essais de freins réguliers faits au cours des mois qui ont précédé le déraillement. La défaillance latente de la section freinage d'urgence du distributeur du 11^e wagon n'a pas été détectée lors de l'essai du wagon individuel, qui a eu lieu seulement trois mois avant que cette pièce se brise en service. Le problème de serrage d'urgence intempestif n'a pas été détecté ni corrigé au cours des essais de freins effectués aux points de changement d'équipe, pendant le trajet en direction est, après le départ de Winnipeg.

Quand des voitures voyageurs dont les bogies ont un débattement latéral accru sont placées à l'arrière d'un train de marchandises, les forces longitudinales qui agissent sur les attelages entre ces voitures et les wagons de marchandises sont minimales. Quand ces forces longitudinales se transforment en forces latérales au point d'interface roues/rails, les forces en présence ne sont pas excessives en général. Le débattement latéral des bogies des voitures voyageurs ne compromet pas la sécurité quand ces voitures sont placées à l'arrière du train. Toutefois, quand des voitures voyageurs sont placées à l'avant d'un train de marchandises, surtout lorsque des forces de compression considérables sont générées, les forces longitudinales sont beaucoup plus grandes et les forces latérales résultantes au point d'interface roues/rails des wagons de marchandises adjacents peuvent s'avérer excessives. Dans le train, les forces de compression extrêmes qui se sont exercées sur l'attelage entre le 9^e wagon et le 10^e wagon derrière les locomotives, ont transformé les forces longitudinales en forces latérales, lesquelles ont excédé la capacité de résistance de la structure déjà affaiblie de la voie ferrée.

3.0 *Conclusions*

3.1 *Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs*

1. On savait que le train avait tendance aux serrages d'urgence intempestifs, et on l'a laissé parcourir une distance considérable sans corriger le problème. On s'attend à ce que les équipes continuent d'exploiter des trains qui ont une tendance connue aux serrages d'urgence intempestifs.
2. Le fait de passer rapidement de la traction à un freinage rhéostatique puissant a occasionné un effort considérable de compression des attelages à l'avant du train, ce qui a probablement précipité le serrage d'urgence intempestif.
3. Les forces de compression importantes liées au serrage d'urgence intempestif, combinées aux forces de compression consécutives au freinage rhéostatique violent, ont été transférées au rail. À la hauteur de l'attelage entre le 9^e wagon et le 10^e wagon, ces forces ont été amplifiées par le débattement latéral accru des bogies des voitures voyageurs.
4. Le fait que la voie était mal appuyée sur les traverses s'est combiné à l'effort latéral excessif au point d'interface roues/rails; les efforts ont alors excédé la capacité de résistance aux efforts latéraux de la structure déjà affaiblie de la voie ferrée, ce qui a causé un surécartement de la voie au passage du train. Le rail s'est renversé, et le train a déraillé.
5. Les inspections courantes faites par le personnel d'entretien de la voie n'ont pas permis de déceler le risque dû à la détérioration de la voie dans les joints de rail.
6. Le fait d'avoir placé près de l'avant du train des voitures voyageurs dont les bogies avaient un débattement latéral accru a contribué aux contraintes latérales excessives qui se sont exercées sur le rail.
7. Les normes en vigueur en matière d'entretien du matériel roulant ont fait en sorte qu'un diaphragme d'un piston de distributeur de freinage d'urgence demeure en service pendant de nombreuses années et ne fasse pas l'objet d'essais rigoureux destinés à vérifier son intégrité ou à déceler des défaillances imminentes, ce qui a accru le risque de déraillement associé au serrage d'urgence intempestif.

8. Les inspections par la voiture de contrôle de l'état géométrique de la voie n'ont pas révélé la présence des traverses en mauvais état, ce qui peut avoir amené les personnes concernées à conclure que la structure de la voie était tout à fait sûre, alors qu'en fait, la résistance de la voie aux efforts latéraux était compromise par les traverses défectueuses.

3.2 Faits établis quant aux risques

1. Des renseignements incorrects sur la composition du train, surtout quand il s'agit de la position des wagons de marchandises dangereuses, fait courir de plus grands risques aux personnes, surtout aux premiers intervenants en cas d'accident.
2. Les contrôleurs de la circulation ferroviaire et, partant, les employés des chemins de fer, le personnel d'intervention en cas d'urgence et le public, n'ont pas à leur disposition des informations faciles d'accès, autres que les panneaux d'avertissement placés en bordure de la voie, pour identifier à distance l'emplacement des gazoducs souterrains.
3. En raison de la pratique en vigueur dans l'industrie qui veut que le personnel continue d'exploiter des trains dont la capacité de freinage gradué manque de fiabilité, la probabilité de serrage d'urgence intempestif est accrue, ainsi que le risque que des efforts excessifs sur les trains causent un déraillement.

3.3 Autres faits établis

1. Même si les modèles les plus récents de consignateurs d'événements employés par le Chemin de fer Canadien Pacifique peuvent enregistrer des paramètres d'exploitation additionnels, l'identification des anomalies en matière de sécurité ferroviaire est limitée en raison de l'absence de réglementation sur l'inclusion de paramètres d'exploitation additionnels dans les données des consignateur d'événements.

4.0 *Mesures de sécurité*

4.1 *Mesures prises*

4.1.1 *État général de la voie*

Le 29 juin 2000, le BST a adressé à Transports Canada un avis de sécurité ferroviaire (n° 01/00) décrivant les anomalies relatives à l'état de la voie ferrée dans le secteur où le déraillement s'est produit.

En réponse à l'avis de sécurité du BST, des agents de l'infrastructure à Transports Canada ont inspecté les subdivisions North Bay et Chalk River de l'Ottawa Valley Railway les 25, 26 et 27 juillet 2000, et ils ont avisé l'Ottawa Valley Railway que [TRADUCTION] un échantillonnage au hasard fait en plusieurs endroits aux fins du contrôle de l'état des traverses indique un taux de défauts de 50 à 55 % ainsi que l'absence à certains endroits de traverses répondant aux exigences en matière de distance à partir des joints. Transports Canada a fait parvenir à l'Ottawa Valley Railway un avis aux termes de l'article 31 de la *Loi sur la sécurité ferroviaire*, disant que l'entretien des voies menaçait la sécurité ferroviaire, étant donné le nombre inacceptable de traverses en mauvais état.

Les inspecteurs de Transports Canada ont procédé récemment à une inspection de conformité des voies de l'Ottawa Valley Railway et ont rappelé à la compagnie de chemin de fer que celle-ci devait se conformer au *Règlement sur la sécurité de la voie*.

4.1.2 *Changement de catégorie des voies*

Suite au déraillement, l'Ottawa Valley Railway a installé 1 000 traverses de sécurité sous les joints de rail situés entre les points milliaires 0,0 et 3,0 de la subdivision North Bay. Après l'envoi de l'avis aux termes de l'article 31, l'Ottawa Valley Railway a fait l'achat de 4 000 traverses additionnelles qu'elle fera installer sous des joints de rail des subdivisions North Bay et Chalk River afin de se conformer aux exigences du *Règlement sur la sécurité de la voie* relatives aux voies de la catégorie 2. En conséquence, la vitesse en voie a été réduite à 25 mi/h.

Par la suite, une voiture d'évaluation de la voie et de mesurage de l'écartement du Chemin de fer Canadien Pacifique (CFCP) a contrôlé l'état géométrique de la voie le 26 juin 2000. L'inspection n'a révélé aucun défaut exigeant des travaux prioritaires sur les lieux du déraillement.

Ultérieurement, on a installé 45 000 traverses à des endroits choisis du tronçon pour que la voie soit conforme aux exigences du *Règlement sur la sécurité de la voie*.

4.1.3 *Information inexacte sur la composition du train*

Le 27 juillet 2000, le BST a envoyé une lettre d'information sur la sécurité ferroviaire (01/00) à Transports Canada concernant les risques associés aux informations inexactes inscrites dans les bulletins de composition des trains. Transports Canada a répondu qu'on s'était penché sur la question et qu'on avait mis en oeuvre un plan d'action visant à corriger la situation. Dans le cadre de ce plan d'action, on a émis à l'intention des équipes de conduite un bulletin dont voici un extrait :

[TRADUCTION]

Les trains roulant en direction est doivent obtenir une liste des wagons qu'ils devront ramasser à Coniston en s'adressant au coordonnateur adjoint du terminal (CAT)¹⁸ à Sudbury. En plus de la liste, ils obtiendront un bulletin de composition final, indiquant la longueur totale de leur train, locomotives comprises, plus le facteur de sécurité de 3 %. Les trains roulant vers l'est qui approchent de Romford doivent connaître la longueur de leur rame et s'immobiliser à une distance appropriée, de façon que l'avant du train s'immobilise avant le panneau indicateur de fin de circuit.

Transports Canada croit que ce plan d'action fera beaucoup pour améliorer l'exactitude de l'information sur la composition des trains qu'on fournit aux équipes des trains qui empruntent les voies de RailAmerica, Inc./Ottawa Valley Railway. De plus, Transports Canada a fait savoir que les inspecteurs des transports de surface de la région de l'Ontario allaient surveiller la mise en oeuvre du plan d'action du CFCP de concert avec le CFCP et RailAmerica, Inc./Ottawa Valley Railway, afin de déterminer la mesure dans laquelle l'information transmise aux équipes par les deux chemins de fer a gagné en exactitude. Récemment, le CFCP a terminé une révision majeure des programmes utilisés pour générer les bulletins de composition, révision qui visait surtout à se conformer aux exigences du nouveau règlement en langage clair sur le transport des marchandises dangereuses, mais il croit que les améliorations apportées au logiciel permettront de faire moins d'erreurs (comme celles qui sont signalées dans le présent rapport), sinon de les éliminer complètement. Les inspecteurs régionaux de Transports Canada ont procédé récemment à un sondage au hasard sur l'information fournie aux équipes de train. Le sondage n'a fait ressortir aucun problème systémique concernant l'exactitude ou l'intégralité de l'information sur les trains.

4.1.4 *Capacité de freinage gradué*

Le 28 août 2000, le BST a envoyé un avis de sécurité ferroviaire (02/00) à Transports Canada dans lequel il signalait les risques associés à un train exploité avec un dispositif de freinage gradué inutilisable et aux contraintes excessives qui affectent un train au moment d'un serrage d'urgence intempestif, ce qui augmente les risques de déraillement. Dans sa réponse, Transports Canada a cité les règles et les instructions pertinentes dont l'industrie s'est dotée dans ce domaine et il a indiqué que [TRADUCTION] dans ce cas particulier, même si les serrages d'urgence étaient intempestifs et même s'ils se sont produits à plusieurs reprises en cours de route,

¹⁸

Le CAT de Sudbury coordonne le ramassage des wagons à partir de Coniston (Ontario).

le train a parcouru plusieurs centaines de milles et s'est immobilisé en toute sécurité chaque fois, avant que le déraillement se produise.

4.1.5 *Information relative aux canalisations traversant sous les voies ferrées*

Le 19 mars 2001, le BST a adressé à Transports Canada un avis de sécurité ferroviaire (01/01) traitant du risque associé au fait que les équipes de train et le personnel d'intervention en cas d'urgence ne disposent pas de renseignements sur les endroits où des pipelines transportant des produits dangereux croisent les emprises ferroviaires. Transports Canada a répondu que les nouvelles normes relatives aux canalisations traversant sous les voies ferrées avaient été approuvées par le ministre des Transports le 10 mai 2001. L'article 10.2.8.3, intitulé *Écritreaux*, de la nouvelle norme réitère les exigences suivantes de la version de 1999 de la norme Z662 :

Les écritreaux doivent afficher les renseignements suivants, sur fond de couleur fortement contrastée :

- (a) le mot « Avertissement », « Attention » ou « Danger » bien en vue, p. ex., en caractères gras de 25 mm de hauteur;
- (b) la description très évidente du type de canalisation, p.ex., « Canalisation de gaz naturel à haute pression », en caractères gras de 13 mm de hauteur;
- (c) le nom de l'exploitant et tout renseignement nécessaire pour signaler les sinistres, de préférence un numéro de téléphone, y compris tout indicatif régional, le cas échéant.

Note : On recommande :

- (a) d'ajouter un exemple d'énoncé tel que « Téléphoner avant de creuser » ou « Téléphoner pour repérer »;
- (b) de donner les renseignements requis dans la langue usuelle de la région où est placé l'écriteau.

TransCanada Pipelines Limited a un programme intégré de sensibilisation du public qui s'adresse spécifiquement aux parties concernées. Le programme :

- 1) identifie les parties affectées et l'endroit où elles se trouvent;
- 2) indique la présence et l'emplacement des installations;
- 3) signale les dangers potentiels et les situations d'urgence qui peuvent se présenter;
- 4) précise les procédures et les précautions auxquelles il faut se conformer en cas d'urgence;
- 5) met à jour les dossiers des compagnies concernant les personnes ressources et les propriétaires fonciers de la collectivité;

- 6) fournit aux compagnies les noms et les numéros des personnes ressources et des propriétaires fonciers de la collectivité;
- 7) fournit de l'information pertinente au sujet des opérations et des activités de la compagnie et des parties intéressées;
- 8) discute des questions relatives à la sécurité et à la réglementation avec les parties intéressées.

La TransCanada PipeLines Limited a entrepris de rétablir les communications avec les divisions de gestion des situations d'urgence des compagnies de chemin de fer.

4.1.6 Protecteurs d'évent brisés ou manquants

Le 12 avril 2001, le BST a adressé à Transports Canada une lettre d'information sur la sécurité ferroviaire (01/01) indiquant que de la contamination était entrée dans un distributeur de freinage du train en passant par des protecteurs d'évent manquants ou brisés de la section freinage d'urgence des distributeurs de freinage à air. Transports Canada a répondu que la question des protecteurs d'évent manquants ou brisés serait à l'ordre du jour de la réunion semestrielle suivante avec les chemins de fer. Par la suite, Transports Canada a fait savoir que la question avait fait l'objet de discussions avec les chemins de fer à une réunion semestrielle tenue en mai 2001. Les inspecteurs des chemins de fer sont maintenant tenus d'identifier les protecteurs d'évent manquants à l'occasion des vérifications de sécurité.

4.1.7 Mauvais fonctionnement des distributeurs de freinage

Après que le BST eut avisé le propriétaire des wagons d'une déféctuosité dans la section freinage d'urgence du distributeur de freinage ABDW, le propriétaire des wagons a entrepris une évaluation du même distributeur sur des wagons semblables, afin de déterminer si des wagons similaires présentaient ce défaut. Le propriétaire des wagons a démonté trois autres distributeurs qui se trouvaient sur des wagons similaires et les a fait parvenir au Laboratoire technique du BST. Ces distributeurs ont été examinés par le Laboratoire technique du BST et le Centre d'essais techniques de la qualité (rapport technique LP 114/01 du BST).

4.1.8 Mesures de sécurité d'ordre administratif

Les mesures de sécurité que le CFCP a prises après l'accident comprennent une opération éclair de sécurité, l'ajout de nouvelles exigences dans ses instructions générales d'exploitation au sujet des essais de frein, et une formulation plus claire de la procédure à suivre en cas de serrage d'urgence intempestif. Le CFCP a terminé une vidéo sur la conduite des trains et la dynamique voie ferrée/train, dans le cadre de programmes de formation et de sécurité. La documentation de l'opération éclair de sécurité et l'instruction générale d'exploitation modifiée exigent que [TRADUCTION] si un serrage d'urgence des freins se produit pendant l'essai de frein, il faut considérer que l'essai de frein a échoué. Il faut répéter l'essai de frein jusqu'à ce que le serrage des freins se fasse de la façon appropriée (sans qu'il y ait serrage d'urgence).

4.2 Mesures à prendre

4.2.1 *Élimination des serrages d'urgence intempestifs*

On reconnaît le fait que lorsqu'on exploite un train ayant tendance aux serrages d'urgence intempestifs, les risques que des forces excessives soient générées dans le train et qu'un déraillement se produise sont plus grands. Le CFCP a modifié ses instructions générales d'exploitation portant sur les essais de freins pour qu'elles exigent qu'un serrage gradué se fasse et que les freins se desserrent sans qu'il y ait de serrage d'urgence intempestif. On estime que l'essai de frein est réussi dès qu'un essai sur un nombre illimité d'essais de frein ne cause pas de serrage d'urgence intempestif. Dès qu'un essai des freins à air d'un train est réussi, on peut ne pas tenir compte d'un serrage d'urgence intempestif sans avoir à prendre des mesures pour identifier et éliminer la source du serrage d'urgence intempestif. Il n'y a donc aucune restriction pour l'exploitation des trains ayant tendance aux serrages d'urgence intempestifs. Il est clair que s'il est possible de détecter rapidement un wagon ayant tendance aux serrages d'urgence intempestifs, les intérêts de la sécurité et de l'acheminement du trafic seraient servis au mieux si le problème était identifié et éliminé. Le Bureau craint que l'industrie n'ait pas pris des mesures suffisantes pour atténuer les risques accrus associés aux trains ayant tendance aux serrages d'urgence intempestifs. Par conséquent, le Bureau recommande que :

le ministère des Transports, en collaboration avec l'industrie, mène des recherches sur les problèmes liés à l'exploitation continue des trains ayant tendance aux serrages d'urgence intempestifs et qu'il établisse des politiques et des marches à suivre visant à régler ce problème.

R03-01

4.3 *Préoccupations liées à la sécurité*

4.3.1 *Sensibilisation aux dangers*

Avant le début de l'intervention d'urgence, les premiers intervenants qui se sont présentés sur les lieux de l'accident n'ont pas été prévenus qu'il y avait un gazoduc souterrain là où le train avait déraillé, et l'équipe du train ne savait pas non plus que le déraillement s'était produit près de ce franchissement par desserte. Quand les premiers intervenants ont pris connaissance de la présence des canalisations, ils n'ont pas ressenti de sentiment d'urgence particulier et n'ont pas réalisé les dangers qu'ils couraient; ils se sont rendu compte de la situation seulement quand un employé de la compagnie de pipeline a déclenché l'intervention d'urgence. Le Bureau est préoccupé par ce qui aurait pu se passer si le pipeline avait été endommagé et si les premiers intervenants étaient arrivés sur les lieux sans avoir été prévenus de la situation.

4.3.2 *Essais des freins à air*

Le manuel de l'Association of American Railroads (AAR) sur les échanges de wagons (*AAR Field Manual of the Interchange Rules*), qui établit les normes et les règles relatives à la sécurité et à l'utilisation des wagons de marchandises, a rendu moins sévères les exigences relatives à l'entretien des systèmes de freinage à air. Auparavant, les robinets de frein à air devaient faire l'objet de travaux périodiques de nettoyage, graissage, essai et marquage (règle n° 2 supprimée). Les robinets de frein à air des wagons de marchandises restent

maintenant en service pendant toute la durée de vie du wagon, ou jusqu'à ce qu'ils subissent une défaillance en service ou au moment d'un essai périodique (règle n° 3). Lors de l'accident, le robinet qu'on a identifié comme étant à l'origine du serrage d'urgence intempestif avait passé avec succès l'essai périodique exigé par la norme S-486-02 de l'AAR, à une pression d'essai de 90 lb/po², soit 5 lb/po² de plus que la pression de service normale. Cet essai avait été fait quelques mois seulement avant la défaillance d'un diaphragme en service. On procède à des essais périodiques pour vérifier le bon fonctionnement des robinets de frein à air et pour avoir une assurance raisonnable quant à l'intégrité de la pièce jusqu'à l'essai périodique suivant. Les tests sur banc d'essai des parties des distributeurs de frein de wagons individuels (norme S-466-91 de l'AAR) exigent que les essais soient faits à des pressions de 70 lb/po² et de 110 lb/po².

La procédure d'essai propose une série de tests servant à évaluer le rendement d'un distributeur de freinage faisant partie d'un jeu de pièces de frein, pendant un essai de wagon individuel. Comme les essais à une pression de 90 lb/po² n'ont pas permis de déceler la défaillance imminente du diaphragme dont il est question dans le présent rapport, le Bureau craint que la pression d'essai spécifiée dans la norme S-486-02 (90 lb/po²) ne soit pas suffisamment élevée pour permettre de déceler la défaillance imminente d'un robinet de frein à air.

Le présent rapport met un terme à l'enquête du Bureau de la sécurité des transports sur cet accident. La publication de ce rapport a été autorisée par le Bureau le 18 décembre 2002.

Annexe A - Instructions générales d'exploitation du Chemin de

fer C

15.0 Inspection obligatoire après un freinage d'urgence

Note : La présente instruction ne dégage pas les équipes de train de l'obligation de se conformer à toutes les règles d'exploitation, en particulier la règle 102 du REF.

a) Trains voyageurs

Arrêtés par un freinage d'urgence : avant de repartir, il faut inspecter chaque voiture pour s'assurer que tous les freins sont desserrés. Une fois le train en mouvement, on doit aussi procéder à une surveillance au défilé pour repérer les roues qui présentent des méplats.

b) Tous les autres trains

i) Arrêtés par un freinage d'urgence : une fois les freins desserrés, il faut effectuer une surveillance au défilé, sur au moins un côté du train, pour repérer tout matériel avarié ou déraillé. Les résultats de la surveillance et l'endroit où s'est produit le freinage d'urgence doivent être notés sur l'imprimé **Transfert d'informations entre deux équipes**, qui doit rester à bord du train jusqu'à destination.

ii) Aux endroits où une surveillance au défilé est impossible, le train peut avancer à PETITE vitesse jusqu'au premier point où on peut procéder à une telle surveillance.

iii) Dans tous les cas où un train poursuit sa route après un freinage d'urgence, les membres de son équipe doivent en surveiller la marche avec une attention particulière. S'ils constatent que des véhicules ont déraillé ou que le train a des réactions inhabituelles, il faut l'arrêter immédiatement et trouver la cause du problème.

iv) La surveillance au défilé dont il est question en i) n'est pas nécessaire si TOUTES les conditions suivantes sont remplies :

1) L'imprimé **Transfert d'informations entre deux équipes** indique que le train considéré n'en est pas à son premier freinage d'urgence.

- 2) Le tonnage brut équivalent (TBE) du train est inférieur à 6 000 tonnes; ou il est de 6 000 tonnes ou plus et chaque véhicule, sauf le fourgon de queue s'il y en a un, dépasse les 100 tonnes brutes. S'il y a un fourgon de queue, il doit être classé en dernière position dans le train.
 - 3) La vitesse au moment du freinage d'urgence était supérieure à 25 mi/h.
 - 4) Le freinage d'urgence se produit dans les 15 secondes suivant le déclenchement d'un serrage normal.
 - 5) Aucune réaction d'attelages inhabituelle ne s'est produite au moment de l'arrêt.
 - 6) Lorsque les freins sont desserrés, le débitmètre et la valeur de la pression dans la conduite générale du dernier véhicule n'indiquent aucune perte de pression d'air.
 - 7) Le train ne transporte aucune marchandise dangereuse SPÉCIALE.
- v) Trains transportant des marchandises dangereuses SPÉCIALES : Si les conditions 1 à 6 de l'alinéa iv) sont remplies, le train peut faire l'objet d'une surveillance au défilé depuis la locomotive de tête jusqu'au dernier wagon transportant des marchandises dangereuses SPÉCIALES. Les résultats de cette surveillance doivent être notés sur l'imprimé **Transfert d'informations entre deux équipes**.
- vi) La surveillance au défilé mentionnée en i) peut être effectuée par les employés ci-dessous, qui doivent alors être munis d'une radio et avertis de la situation :
- les membres de l'équipe du train même;
 - les membres de l'équipe d'un train à l'arrêt;
 - tous autres employés sur l'emprise.

Annexe B - Détermination du premier wagon touché par le serrage d'urgence

D'après le rapport technique LP 112/00 du BST

Enregistrement des données sur l'heure et la propagation du serrage d'urgence intempestif par le consignateur d'événements de la locomotive

1. Un changement du taux de décélération de -0,14 à -0,33 mi/h/s et une réduction de la pression dans la conduite générale ont été enregistrés simultanément à 0345:50.3 (locomotive de tête au point milliaire 1,681) indiquant qu'un serrage d'urgence intempestif des freins du train s'est produit et s'est propagé jusqu'à la locomotive le long de la conduite générale. Compte tenu que le serrage d'urgence intempestif (voir les calculs ci-après) a mis environ une seconde pour arriver au consignateur d'événements de la locomotive, il est fort probable que le serrage d'urgence intempestif est survenu entre 0345:49.2 (le dernier moment consigné où il n'y a pas de chute de pression dans la conduite générale) et 0345:50.3.
2. Une chute de pression initiale en queue de train de 2 lb/po² a été enregistrée à 0345:55.2. D'après le fabricant du consignateur d'événements, le serrage d'urgence intempestif initial s'est propagé dans la conduite générale, en passant par les wagons, jusqu'aux capteurs de pression de la locomotive et du moniteur de queue respectivement. Le signal envoyé à la locomotive a alors été transmis au consignateur d'événements par liaison électronique (délai de propagation très court). Le signal en queue de train a été transmis au consignateur d'événements par radio. Le consignateur d'événements a enregistré les deux signaux dès leur arrivée au consignateur. Les deux signaux sont arrivés à 4,9 secondes d'intervalle (0345:55.2 - 0345:50.3).
3. On peut inclure un délai de transmission radio pour déterminer l'écart dans le calcul des temps de propagation dans la conduite générale. Pour des téléphones cellulaires commerciaux normaux, le délai pourrait être de 80 à 250 millisecondes (ms) (on utilise 0 ms, 150 ms et 250 ms dans les calculs pour déterminer l'effet sur les résultats).

Méthode de calcul

1. Voici des symboles et des paramètres liés aux calculs ainsi que leur signification :

Symboles :

QT : queue du train

SUI : serrage d'urgence intempestif initial

LT : locomotive de tête

LM : locomotive menée

CEL : consignateur d'événements de la locomotive de tête

Variables et paramètres :

Ll : longueur des locomotives : $4 \times 69 = 276$ pieds

Lw : longueur des wagons derrière la locomotive : $5\,513 - 276 = 5\,237$ pieds

D : distance entre le point où le serrage d'urgence intempestif (SUI) initial s'est produit et la locomotive (en pieds)

T1 : temps nécessaire pour que le signal de SUI se propage le long de la conduite générale sur la distance D (en secondes)

T2 : temps nécessaire pour que le signal de SUI se propage le long de la conduite générale jusqu'à la queue (QT) (en secondes)

T0 : temps nécessaire pour que le signal de SUI se propage par l'entremise de la liaison électronique de la locomotive pour atteindre le consignateur d'événements (CEL) de la locomotive de tête (LT) : 0 seconde

T3 : temps nécessaire pour que le signal de SUI soit transféré de la QT au CEL de la LT par liaison radio (en secondes)

ΔT : écart de temps entre l'arrivée au CEL du signal de SUI passant par la QT et du signal de SUI passant directement par la conduite générale sur la distance D : 4,9 secondes

V : vitesse de propagation du signal de SUI le long de la conduite générale : de 940~980 pieds/seconde

k : ratio de la longueur de la conduite générale par rapport à la longueur correspondante du train en ligne droite : de 1,05~1,20.

À partir des conditions et des chiffres susmentionnés :

$$T1 = D \times k / V$$

$$T2 = (Lw - D) \times k / V$$

$$\Delta T = (T2 + T3) - (T1 + T0) = T2 + T3 - T1 = 4,9$$

Combinaison des trois équations ci-dessus :

$$k (Lw - D) / V + T3 - k D / V = \Delta T$$

Solution de cette dernière équation et application des paramètres connus :

$$k Lw - 2 k D = (\Delta T - T3) V$$

Donc, l'endroit où le SUI initial a eu lieu devrait être à D pieds derrière la locomotive menée, où :

$$D = [k Lw - (\Delta T - T3) V] / (2 k) = 2618,5 - (4,9 - T3) V / (2 k)$$

Résultats des calculs

1. Voici une liste d'une série de calculs avec différentes combinaisons de paramètres :

Cas	V pieds/secondes	k	T3 (secondes)	D (pieds)	N° du wagon concerné	Remarques
1	980	1,05	0	332	6	k très petit / T3
2	940	1,05	0	425	7	k très petit / T3
3	980	1,1	0	436	7	grande V / T3 = 0
4	940	1,1	0	525	9	assez vraisemblable
5	960	1,1	0,15	546	9	vraisemblable
6	940	1,1	0,15	589	9	vraisemblable
7	940	1,1	0,25	632	10	vraisemblable
8	980	1,15	0,15	595	9	vraisemblable
9	940	1,15	0	616	10	vraisemblable
10	940	1,15	0,15	677	10	vraisemblable
11	960	1,15	0,15	636	10	vraisemblable
12	980	1,15	0,25	637	10	vraisemblable
13	960	1,15	0,25	678	10	vraisemblable
14	940	1,15	0,25	718	11	vraisemblable
15	980	1,2	0,15	679	10	vraisemblable
16	980	1,2	0,25	720	11	vraisemblable
17	940	1,2	0	699	11	vraisemblable
18	940	1,2	0,15	758	11	vraisemblable
19	940	1,25	0,25	870	13	k très grand / T3 max
20	980	1,25	0,25	796	12	grande V / k très grand / T3 max

2. **Conclusion :** Les combinaisons les plus pratiques de paramètres indiquent que l'emplacement le plus vraisemblable pour le serrage d'urgence intempestif initial désignerait soit la voiture de train de banlieue n° 9, le wagon plat à support central en A n° 10 ou le wagon à support central en A n° 11.

Annexe C - Liste des rapports de laboratoire

L'enquête a donné lieu aux rapports de laboratoire suivants :

LP 090/00 - Air Brake Control Valve - Gondola Rail Car CP 343888

LP 100/00 - Railway Brake Valve Examination - Montreal Commuter Railway Car

LP 112/00 - Derailment Analysis - Chalk River, North Bay Subdivision

LP 129/00 - Air Brake Control Valve Examination - Centre Beam Flat Car SRY 73013

LP 028/01 - Functional Analysis of Air Brake Portions - Centre Beam Flat Car SRY 873090

LP 114/01 - Failure Analysis of the Emergency Brake Valve Piston Diaphragm

On peut obtenir ces rapports en s'adressant au Bureau de la sécurité des transports du Canada.

Annexe D - Sigles et abréviations

AAR	Association of American Railroads
BST	Bureau de la sécurité des transports du Canada
CAT	coordonnateur adjoint du terminal
CCF	contrôleur de la circulation ferroviaire
CEL	consignateur d'événements de locomotive
CETQ	Centre d'essais techniques de la qualité
CFCP	Chemin de fer Canadien Pacifique
cm	centimètre
CSA	Association canadienne de normalisation
HAE	heure avancée de l'Est
HP	horse power
lb/po ²	livre par pouce carré
m	mètre
mi/h/s	mille à l'heure par seconde
mi/h	mille à l'heure
mm	millimètre
ms	milliseconde
QT	queue du train
REF	<i>Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada</i>
SUI	serrage d'urgence intempestif des freins du train
UMLER	<i>Universal Machine Language Equipment Register</i>
UTC	temps universel coordonné